



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**ANALISA KOEFISIEN SERAP SUARA DAN PENYERAPAN  
GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT *SILICONE RUBBER*  
BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT *DOPPING* Zn DAN  
SERAT MIKRO TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

M. Aditya Pradana  
NRP 2713 100 070

Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T.,M.Sc.  
Ir. Moh. Farid, DEA.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017



**TUGAS AKHIR- TL 141584**

**ANALISA KOEFISIEN SERAP SUARA DAN  
PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT  
*SILICONE RUBBER* BERPENGUAT BARIUM  
HEKSAFERRIT *DOPPING*  $Zn$  DAN SERAT MIKRO  
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**M. ADITYA PRADANA  
NRP. 2713 100 070**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T, M.Sc  
Ir. Moh. Farid, DEA**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**ANALIZATION OF SOUND ABSORPTION  
COEFFICIENT AND ABSORPTION OF  
MICROWAVE SILICONE RUBBER COMPOSITE  
REINFORCED BY BARIUM HEXAFERRITE  
DOPPING BY Zn AND OIL PALM EMPTY FRUIT  
BUNCH MICRO FIBER**

**M. ADITYA PRADANA  
NRP. 2713 100 070**

**Advisors**

**Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T, M.Sc  
Ir. Moh. Farid, DEA**

**DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**ANALISA KOEFISIEN SERAP SUARA DAN  
PENYERPAN GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT  
SILICONE RUBBER BERPENGUAT BARIUM  
HEKSAFERRIT DOPPING  $Zn$  DAN SERAT MIKRO  
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Muhammad Aditya Pradana**

NRP. 2713 100 070

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Dr. Eng. Hosta Ardyananta, S.T, M.Sc.....(Pembimbing 1)

Ir. Moh. Farid, DEA.....(Pembimbing 2)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **ANALISA KOEFISIEN SERAP SUARA DAN PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT *SILICONE RUBBER* BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT *DOPPING Zn* DAN SERAT MIKRO TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Nama : M. Aditya Pradana  
NRP : 2713100070  
Departemen : Teknik Material FTI-ITS  
Pembimbing : Dr.Eng Hosta Ardhyanta,S.T.,M.Sc.  
Ir. Moh. Farid, DEA.

## **ABSTRAK**

Material komposit sebagai material penyerap suara dan material anti radar telah banyak dikembangkan. Salah satu bahan yang digunakan untuk membuat material anti radar adalah Barium Heksaferit yang merupakan material magnetik. Penelitian ini menggunakan *silicone rubber* sebagai matriks, serat tandan kosong kelapa sawit dan barium heksaferit sebagai *filler*. Variabel pada penelitian ini adalah penambahan fraksi massa komposisi serat. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap koefisien serap suara, penyerapan gelombang mikro, morfologi, dan stabilitas termal komposit. Pengujian yang dilakukan yaitu uji morfologi, uji densitas, uji stabilitas termal, uji koefisien absorpsi suara dan uji VNA. Nilai koefisien serap suara tertinggi yaitu komposit *Silicone rubber* + 10% BaM sebesar 0.5638 pada frekuensi 4000 Hz. Nilai penyerapan gelombang elektromagnetik tertinggi alah komposit *Silicone rubber* +10% baM sebesar -36.3 dB pada frekuensi 9.38 GHz. Stabilitas termal tertinggi ada pada Komposit *Silicone rubber* +10% BaM+ 4% Serat Mikro TKKS dengan  $T_5$  377.5 °C.

***Kata kunci : Tandan Kosong Kelapa Sawit, Silicone rubber, Barium Heksaferit.***



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**ANALIZATION OF SOUND ABSORPTION  
COEFFICIENT AND ABSORPTION OF MICROWAVE  
OF SILICONE RUBBER COMPOSITE REINFORCED  
BY BARIUM HEXAFERRITE DOPPED BY Zn AND  
OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH MICRO FIBER**

Name : M. Aditya Pradana  
NRP : 2713100070  
Department : Materials Engineering FTI-ITS  
Advisors : Dr. Eng. Hosta Ardhyana, S.T., M.Sc.  
Ir. Moh. Farid, DEA.

**ABSTRACT**

Composite materials as sound absorber material and anti-radar material have been widely developed. One of the materials that used to make anti-radar material is Barium Hexaferrite which is a magnetic material. This study used silicone rubber as the matrix, Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibers and barium hexaferrite as the filler. The variables in this study were the addition of mass fraction fiber composition. The purpose of this research is to analyze the effect of fiber composition on sound absorption coefficient, value of electromagnetic wave absorption, morphology and composite thermal stability. Tests performed in this study were included morphology, density, thermal stability, sound absorption coefficient, vertical network analyzer testing. The highest sound absorption coefficient value is in Silicone Rubber + 10% BaM composite at 0.5638 on 4000 Hz frequency. The highest absorption value of electromagnetic wave is in Silicone Rubber + 10% BaM composite at -36.3 dB on frequency 9.38 GHz. The highest thermal stability is in Silicone Rubber Composite + 10% BaM + 4% Micro Fiber Oil Palm Empty Fruit Bunch with  $T_5$  377.5 °C.

**Keywords:** *Oil Palm Empty Fruit Bunch, Silicone Rubber, Barium Hexaferrite.*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISA KOEFISIEN SERAP SUARA DAN PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO KOMPOSIT *SILICONE RUBBER* BERPENGUAT BARIUM HEKSAFERRIT *DOPPING Zn* DAN SERAT MIKRO TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT”**.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Keluarga, terutama Ibu atas semua doa, dukungan moriil dan materiil, pengertian dan cinta yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing dan Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen *co*-pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali yang selalu mengayomi dari awal perkuliahan
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
5. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxi</b>

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit .....	5
2.1.1 Klasifikasi Komposit.....	8
2.2 Hukum Pencampuran .....	10
2.3 Gelombang dan Bunyi .....	11
2.3.1 Gelombang .....	11
2.3.2 Bunyi .....	14
2.3.2.1 Frekuensi.....	15
2.3.2.2 Decibel (dB) .....	16
2.3.2.3 Kebisingan .....	16
2.4 Material Akustik .....	17
2.4.1 Bahan Absorpsi Suara .....	18
2.4.2 Koefisien Absorpsi Suara .....	21
2.5 Silicone Rubber.....	26
2.6 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit(STKKS) .....	28
2.7 Barium M – Heksaferrit (BAM) .....	31
2.8 Radar .....	34
2.9 RCS (Radar Cross Section) .....	37

2.10 Material Penyerap Radar ( <i>Radar Absorbing Material</i> ) .....	38
2.11 Reflection Loss .....	42
2.12 Penelitian Terdahulu .....	44

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Metode Penelitian .....	47
3.1.1 Diagram Alir Penelitian .....	47
3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferrit.....	48
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	49
3.2.1 Bahan Penelitian.....	49
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	54
3.3 Variabel Penelitian.....	60
3.4 Rancangan Penelitian.....	60
3.5 Metode Penelitian .....	61
3.5.1 Persiapan Bahan .....	61
3.5.1.1 Pengolahan Serat .....	62
3.5.1.2 Pengolahan Matriks .....	62
3.5.1.3 Sintesis Barium Heksaferit .....	63
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan.....	64
3.5.1.4 Pembuatan Komposit.....	64
3.5.2 Proses Pengujian .....	65
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara .....	65
3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope(SEM).....	68
3.5.2.3 Pengujian Densitas.....	69
3.5.2.4 Pengujian TGA(Thermogravimetric Analysis) .....	70
3.5.2.5 Pengujian VNA.....	72

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Preparasi Filler Komposit.....	75
4.1.1 Hasil Preparasi Barium Heksaferrit.....	75
4.1.1.1 Analisa Hasil SEM-EDX Barium Heksaferrit .....	76

4.1.1.2 Analisa Hasil Pengujian XRD Barium Heksaferrit.....	78
4.1.2 Hasil Preparasi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	79
4.2 Analisa Morfologi Komposit .....	81
4.3 Analisa Densitas Komposit.....	84
4.4 Analisa Koefisien Serap Suara.....	85
4.5 Analisa VNA.....	95
4.6 Analisa TGA .....	96
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	101
5.2 Saran.....	101
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxix</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>li</b>



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Skema Pembentukan Komposit .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Klasifikasi Material Komposit .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Gelombang Transversal .....	12
<b>Gambar 2.4</b>	Gelombang Longitudinal .....	14
<b>Gambar 2.5</b>	Mekanisme Terdengarnya Bunyi .....	15
<b>Gambar 2.6</b>	Material Penyerap Suara Berpori .....	19
<b>Gambar 2.7</b>	Tipe Penyerapan Suara .....	20
<b>Gambar 2.8</b>	Skema Penyerapan Suara Material Absorber .....	22
<b>Gambar 2.9</b>	Pemantulan dan Penyerapan Bunyi dari Media Akustik .....	24
<b>Gambar 2.10</b>	Bagian dalam Panser Anoa .....	26
<b>Gambar 2.11</b>	Rantai Utama Polidimetilsiloksan (PDMS) .....	27
<b>Gambar 2.12</b>	Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya .....	29
<b>Gambar 2.13</b>	Struktur Kimia Lignin dan Selulosa.....	30
<b>Gambar 2.14</b>	Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit .....	33
<b>Gambar 2.15</b>	Orientasi Dipol Magnetik saat Proses Magnetisasi .....	34
<b>Gambar 2.16</b>	Gelombang Elektromagnetik .....	35
<b>Gambar 2.17</b>	Ilustrasi Penyerapan RAM pada Kapal HMS Helsingborg 32 .....	39
<b>Gambar 2.18</b>	Mekanisme Rugi Magnetik pada Material Magnetik .....	39
<b>Gambar 2.19</b>	Mekanisme Rugi Listrik pada Material Dielektrik .....	40
<b>Gambar 2.20</b>	Mekanisme Penyerapan RAM .....	42
<b>Gambar 2.21</b>	Pengukuran Penyerapan Gelombang dari Struktur Nanokomposit .....	44
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	47
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram Alir Sintesa BaM .....	48
<b>Gambar 3.3</b>	Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	49
<b>Gambar 3.4</b>	NaOH .....	49
<b>Gambar 3.5</b>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	50
<b>Gambar 3.6</b>	Silicone Rubber RTV 585 .....	50

<b>Gambar 3.7</b>	Katalis Bluesil .....	51
<b>Gambar 3.8</b>	NaCl .....	51
<b>Gambar 3.9</b>	Hexane .....	52
<b>Gambar 3.10</b>	BaCO <sub>3</sub> .....	52
<b>Gambar 3.11</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	53
<b>Gambar 3.12</b>	Serbuk Zn .....	53
<b>Gambar 3.13</b>	Alkohol .....	54
<b>Gambar 3.14</b>	Timbangan Digital .....	54
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Planetary Ball Mill</i> .....	55
<b>Gambar 3.16</b>	Vacum Furnace .....	55
<b>Gambar 3.17</b>	Hot Plate dan Magnetic Stirrer .....	56
<b>Gambar 3.18</b>	Alat Pencacah Organik .....	57
<b>Gambar 3.19</b>	Alat <i>Sieving</i> .....	57
<b>Gambar 3.20</b>	Alat Uji SEM .....	58
<b>Gambar 3.21</b>	Alat Uji Densitas .....	58
<b>Gambar 3.22</b>	Alat Uji TGA .....	59
<b>Gambar 3.23</b>	Alat Uji Absorpsi Suara .....	59
<b>Gambar 3.24</b>	Alat Uji VNA .....	60
<b>Gambar 3.25</b>	Pencampuran Bahan Barium Heksaferit .....	63
<b>Gambar 3.26</b>	Prekursor BaM .....	63
<b>Gambar 3.27</b>	BaM yang Sudah Dikalsinasi .....	67
<b>Gambar 3.28</b>	Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara .....	65
<b>Gambar 3.29</b>	Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara .....	66
<b>Gambar 3.30</b>	Spesimen Komposit Uji Absorpsi Suara (a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS .....	67
<b>Gambar 3.31</b>	Dimensi Spesimen SEM .....	68
<b>Gambar 3.32</b>	Spesimen Komposit Uji SEM (a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS .....	69
<b>Gambar 3.33</b>	Spesimen komposit uji Densitas (a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS,	

	(c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS .....	70
<b>Gambar 3.34</b>	Skema Uji TGA .....	71
<b>Gambar 3.35</b>	Spesimen Uji TGA(a) SiR+ 10%BaM, (b) SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS .....	72
<b>Gambar 3.36</b>	<i>Vector Network Analyzer</i> (VNA).....	73
<b>Gambar 3.37</b>	Spesimen Komposit Uji VNA(a) SiR+ 10%BaM, (b) SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS .....	74
<b>Gambar 4.1</b>	BaM yang Sudah Dikalsinasi .....	75
<b>Gambar 4.2</b>	SEM (a) BaM 5000x dan (b) BaM dopping Zn 5000x .....	76
<b>Gambar 4.3</b>	EDX (a) BaM Non Dopping (b) BaM dopping Zn .....	77
<b>Gambar 4.4</b>	Pola XRD Barium Heksaferrit Non Dopping (Merah) dan Barium Heksaferrit Dopping Zn (Hitam) .....	78
<b>Gambar 4.5</b>	FTIR Serat TKKS Tanpa Perlakuan dan Alkalisasi .....	80
<b>Gambar 4.6</b>	Struktur mikro komposit dengan perbesaran 50x (a)SiR+ 10%BaM, (b) SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS.....	82
<b>Gambar 4.7</b>	Morfologi Titik-Titik Putih Komposit Silicone Rubber/Barium Heksaferrit/Serat TKKS (a) Banyak Titik-Titik Putih, (b) Sedikit Titik-Titik Putih. ....	83
<b>Gambar 4.8</b>	Pengaruh Penambahan Filler terhadap Densitas Komposit .....	85
<b>Gambar 4.9</b>	Nilai Koefisien Absorpsi Suara .....	88

<b>Gambar 4.10</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 125 Hz .....	89
<b>Gambar 4.11</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 250 Hz .....	90
<b>Gambar 4.12</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 500 Hz .....	91
<b>Gambar 4.13</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 1000 Hz .....	92
<b>Gambar 4.14</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 2000 Hz .....	93
<b>Gambar 4.15</b> Nilai Koefisien Serap Suara Komposit	
Frekuensi 4000 Hz .....	94
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Hasil Uji VNA .....	95
<b>Gambar 4.17</b> Kurva Uji TGA .....	97
<b>Gambar 4.18</b> Grafik DTA .....	98

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Keuntungan dan Kerugian Komposit .....	7
<b>Tabel 2.2</b>	Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi .....	13
<b>Tabel 2.3</b>	Keofisien Penyerapan Bunyi Material Akustik .....	21
<b>Tabel 2.4</b>	Sifat Fisik dan Mekanik Silicone Rubber .....	28
<b>Tabel 2.5</b>	Komposisi Kimia dari Serat Kelapa Sawit .....	31
<b>Tabel 2.6</b>	Sifat Fisik-Mekanik dari Serat Kelapa Sawit .....	31
<b>Tabel 2.7</b>	Tabel Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit .....	32
<b>Tabel 2.8</b>	Panjang Gelombang Berdasarkan Band Frekuensi ..	36
<b>Tabel 2.9</b>	Radar Cross Section pada Gelombang Mikro .....	37
<b>Tabel 2.10</b>	Spesifikasi Beberapa RAM Komersil.....	41
<b>Tabel 3.1</b>	Rancangan Penelitian .....	61
<b>Tabel 4.1</b>	Daerah Serapan Infra Merah Serat TKKS Tanpa Perlakuan dan Alkalisasi .....	81
<b>Tabel 4.2</b>	Massa Jenis Komposit .....	84
<b>Tabel 4.3</b>	Nilai Koefisien Serap Suara Komposit .....	87
<b>Tabel 4.4</b>	Data $T_5$ dan $T_{maks}$ Spesimen .....	99

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki, kebisingan yaitu bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KepMenLH No.48 Tahun 1996) atau semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (KepMenNaker No.51 Tahun 1999). Mediastika (2009) mengatakan bahwa untuk mengetahui apakah suatu kebisingan yang muncul di jalan raya telah memasuki tahap polusi kebisingan, maka kebisingan yang muncul dapat diukur dengan penunjuk atau indeks polusi kebisingan (LNP). LNP yang bisa diterima adalah dibawah 74 dB. Sementara untuk range 74-88 dB pada umumnya tidak dapat diterima.

Teknologi stealth merupakan salah satu perkembangan teknologi dibidang pertahanan yang bertujuan untuk meminimalisir respon dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar, sehingga posisi suatu benda tidak terdeteksi. Kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik atau radar dinamakan dengan *Radar Absorbing Material* (RAM) yang terdiri dari dua bahan utama yaitu material magnetik (Barium M-Heksaferrit) dan material dielektrik. Teknologi RAM dibidang pertahanan biasa diaplikasikan pada pesawat atau kapal anti radar (*stealth*) yaitu dengan melapisi bagian luar badan pesawat atau kapal dengan RAM. Sehingga gelombang radar yang mengenai bagian luar pesawat akan diserap oleh RAM tersebut.

Penyerap suara atau absorber suara adalah salah satu bahan yang dapat menyerap energi suara dari sumber suara (Wirajaya, 2007). Adapun jenis bahan penyerap suara yang telah





ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai untuk mengurangi kebisingan pada ruang yang sempit. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis penyerap suara yang lain (Lee, 2003).

Pada perkembangannya, telah dikembangkan berbagai material komposit dari serat alam yang digunakan sebagai material penyerap suara. Komposit serat alami merupakan salah satu alternatif bahan absorber suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan (Shoshani, 1990). Serat alami memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis, seperti beratnya yang lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan. Serat alami juga merupakan bahan terbarukan dan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi dan tidak menyebabkan iritasi kulit (Lokantara, 2007).

Selain itu, saat ini juga dikembangkan material penyerap radar atau Radar Absorbing Material (RAM). Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk membuat material anti radar adalah Barium Heksaferit yang mana merupakan material magnetik. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dibuat komposit silicone rubber dengan filler serat tandan kosong kelapa sawit dengan menambahkan material Barium Heksaferit yang diharapkan dapat memberikan sifat magnetik yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu perlu disintesis dan dikaji lebih lanjut mengenai komposit silicone rubber berpenguat Barium Heksaferit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh komposisi serat dan Barium Heksaferit terhadap nilai koefisien absorpsi suara dan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik.



---

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh komposisi serat terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
3. Bagaimana pengaruh komposisi serat terhadap morfologi Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
4. Bagaimana pengaruh komposisi serat terhadap stabilitas termal Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Pengotor pada saat penelitian dianggap tidak ada.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi *filler* dianggap merata.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
2. Menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap penyerapan gelombang elektromagnetik Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
3. Menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap morfologi Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium



- Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?
4. Menganalisa pengaruh komposisi serat terhadap stabilitas termal Komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit?

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menciptakan produk komposit baru dengan menggunakan kombinasi *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan dasar material penyerap suara.
2. Memanfaatkan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
3. Memberikan pengetahuan mengenai morfologi, nilai koefisien absorpsi suara dan gelombang elektromagnetik, serta ketahanan termal komposit *Silicone Rubber* berpenguat Barium Heksaferrit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Komposit**

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Sulistijono, 2012). Komposit mempunyai sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun asal jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson, 1994). Menurut Schwartz (2005), suatu material komposit merupakan suatu material yang kompleks dimana terkomposisikan dari dua material atau lebih yang digabungkan/disatukan secara bersamaan pada skala makroskopik membentuk suatu produk yang berguna, yang didesain untuk menghasilkan kualitas maupun sifat terbaik.

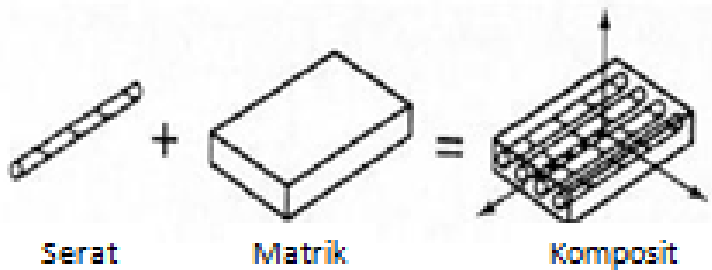
Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matrik. Penguat komposit pada umumnya mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih kaku serta lebih kuat namun tidak tahan terhadap temperatur tinggi. Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat, sehingga penguat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu penguat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Sulistijono, 2012).

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik, umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matriks merupakan fase yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat secara bersama-sama. Matriks berfungsi sebagai pemberi bentuk pada komposit, pelindung serat dari kerusakan. Matriks akan berperan



sebagai pentransfer tegangan yang terjadi agar sedapat mungkin bisa disangga oleh penguat.

Ilustrasi skema pembentukan komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Skema Pembentukan Komposit (Sulistijono, 2012)

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Dengan penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan gesek, konduktivitas termal, insulasi listrik, ketahanan fatik, berat, tampilan, insulasi panas (Sulistijono, 2012)

Sedangkan (Peter, 2002) menjelaskan keuntungan dan kerugian komposit di dalam Tabel 2.1.



**Tabel 2.1** Keuntungan dan Kerugian Komposit  
(Peter,2002)

Keuntungan	Kerugian
1. Berat berkurang	1. Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2. Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	2. Sifat-sifat bidang melintang lemah
3. Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	3. Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
4. Lebih tahan terhadap korosi	4. Sulit dalam mengikat
5. Kehilangan sebagian sifat dasar material	5. Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan
6. Ongkos manufaktur rendah	6. analisis untuk efisiensi damping tidak mencapai konsensus
7. Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun	

Tabel 2.1 menunjukkan aplikasi komposit masih terbatas disebabkan oleh faktor ekonomi. Karena komposit menggunakan serat gelas atau material teknik yang lain sebagai penguat, biaya bahan mentah dan biaya fabrikasi akan menjadi tinggi. Hal ini jelas terlihat pada bidang industri yang memanfaatkan material komposit, seperti pada bidang penerbangan dan kelautan.

Saat ini jenis komposit yang paling banyak digunakan adalah komposit berpenguat serat. Hal ini cukup beralasan karena memiliki keuntungan sebagai berikut:

1. Memiliki perbandingan panjang dengan diameter (*aspect ratio*) yang besar. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks dibanding bila menggunakan penguat lain. Dengan demikian diharapkan akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks.
2. *Size effect*". Serat memiliki ukuran yang kecil sehingga

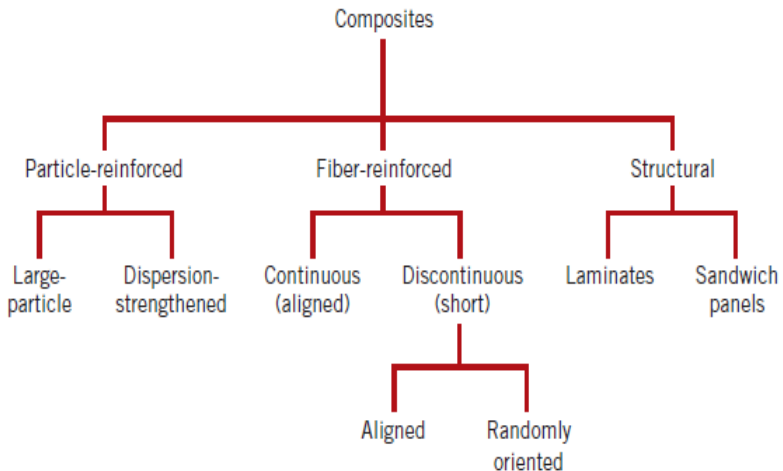


jumlah cacat per satuan volume serat akan lebih kecil dibandingkan material lain. Dengan demikian serat akan memiliki sifat mekanik yang baik dan konsisten.

3. Serat memiliki densitas yang rendah sehingga memiliki sifat mekanik spesifik (sifat mekanik per satuan densitas) yang tinggi.
4. Fleksibilitas serat dan diameternya yang kecil membuat proses manufaktur serat menjadi mudah.

### 2.1.1 Klasifikasi Komposit

Secara umum, skema klasifikasi komposit adalah seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Klasifikasi Material Komposit(Sulistijono,2012)

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinu dan penguat (reinforced) yang diskontinu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.



2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber.
3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan.
2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.
3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. (Sulistijono, 2012)

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fibre Composite*, Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina





diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*, Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.
3. *Discontinuous Fibre Composite*, tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 :
  - a) *Aligned discontinuous fibre*
  - b) *Off-axis aligned discontinuous fibre*
  - c) *Randomly oriented discontinuous fibre*.

(Sulistijono,2012)

## 2.2 Hukum Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Zulhanif,2010)

Bila  $v_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume serat  $v_f$  dan volume matriks  $v_m$ , maka diperoleh persamaan,

$$v_c = v_f + v_m \quad (2.1)$$

Jika fraksi volume serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$ , maka

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$

Bila  $w_c$  adalah berat komposit yang mengandung berat serat  $w_f$  dan berat matriks  $w_m$ , maka diperoleh persamaan,

$$w_c = w_f + w_m \quad (2.3)$$

Jika fraksi berat serat  $V_f$ , fraksi volume matriks  $V_m$ , maka

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} ; W_m = \frac{w_m}{w_c} \quad (2.4)$$



Dengan mengetahui densitas dari komposit, serat, dan matriks, maka bisa diperoleh konversi dari fraksi volume ke fraksi berat, sebagai berikut:

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot \frac{v_f}{v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.5)$$

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f \quad (2.6)$$

$$W_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} \cdot V_m \quad (2.7)$$

Densitas komposit, ditentukan dari persamaan:

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m \quad (2.8)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot \frac{v_f}{v_c} + \rho_m \cdot \frac{v_m}{v_c} \quad (2.9)$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m \quad (2.10)$$

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{W_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{W_m}{\rho_m}\right)} \quad (2.11)$$

## 2.3 Gelombang dan Bunyi

### 2.3.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja. Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi:

1. Gelombang Mekanik



Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.

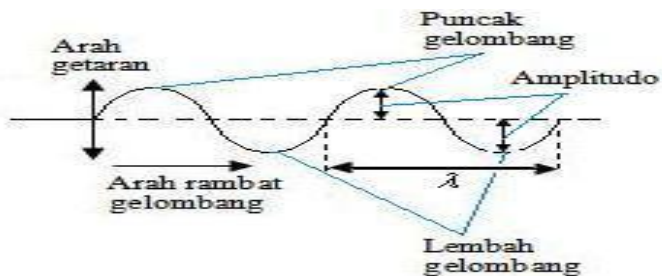
## 2. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma ( $\gamma$ ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

### a. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Gelombang Transversal  
(Resnick dan Halliday, 1992)

Keterangan :

$\lambda$  = panjang gelombang , satuannya meter ( m )

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.



Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan  $v$  dan satuannya m/s. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara  $v$ ,  $\lambda$ ,  $T$ , dan  $f$  ialah :

$$f = 1/T \quad (2.12)$$

$$\lambda = v \times T \quad (2.13)$$

$$\lambda = v/f \quad (2.14)$$

$$v = \lambda \times f \quad (2.15)$$

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20.000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.

**Tabel 2.2** Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi  
(Resnick dan Halliday, 1992)

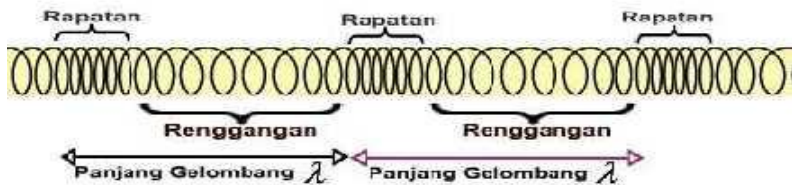
Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

b. Gelombang longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang



bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal. Gambar 2.4 menunjukkan ilustrasi dari gelombang longitudinal.

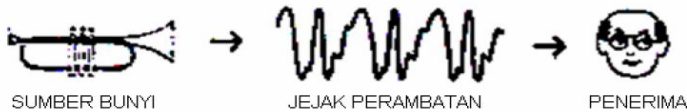


**Gambar 2.4** Gelombang Longitudinal  
(Resnick dan Halliday, 1992)

### 2.3.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh. Doelle (1993) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.



**Gambar 2.5** Mekanisme Terdengarnya Bunyi  
(Doelle,1993)

Gambar 2.5 menunjukkan mekanisme terjadinya bunyi. Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1987). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel. Menurut Giancoli (1998), apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan.

### **2.3.2.1 Frekuensi**

Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu tertentu. Frekuensi bunyi dapat dirumuskan sebagai jumlah periode siklus kompresi dan regangan yang muncul dalam satu satuan waktu. Menurut Hersoesanto (1974) frekuensi adalah jumlah gelombang tekanan atau getaran per detik atau jumlah molekul udara dari suatu sumber suara berpindah secara maksimal dari posisi keseimbangan (equilibrium) ke sisi berlawanan dan kembali lagi ke posisi awal. Satuan untuk



frekuensi adalah Hertz (Hz) atau *cycle per second* (cps). Rentang frekuensi pendengaran manusia dengan fungsi pendengaran yang normal berkisar antara 20-20.000 Hz. Bunyi merupakan kombinasi beberapa frekuensi yang disebut sebagai spektrum suara. Spektrum frekuensi dapat menentukan faktor tingkat gangguan yang diakibatkan oleh kebisingan. Frekuensi dapat dirumuskan:

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.16)$$

Dimana :

$f$  = Frekuensi (Hz)

$T$  = Waktu (s)

### 2.3.2.2 Decibel (dB)

Decibel merupakan satuan ukuran kebisingan untuk menggambarkan intensitas, power, dan pressure dalam skala level dB yang merupakan konversi dari  $\text{N/m}^2$  ke dalam level dB RE  $0,00002 \text{ N/m}^2$  dan dari  $\text{watts/m}^2$  ke dalam dB. Pada umumnya telinga sanggup menerima bunyi atau suara tanpa kesulitan pada range tekanan yang cukup luas. Untuk memudahkan, dipakai satuan decibel (dB) sebagai pengganti ukuran-ukuran tekanan dengan rumus :

$$\text{dB} : 20 \log_{10} P_1/P_0 \quad (2.17)$$

Keterangan:

$P_1$  : tekanan suara yang diukur

$P_0$  : tekanan refrensi

### 2.3.2.3 Kebisingan

Kebisingan (*Noise*) merupakan suara atau bunyi yang tidak diinginkan keberadaannya (Harris, 1957). Kebisingan adalah suatu masalah besar yang tengah dihadapi oleh masyarakat Indonesia pada saat sekarang ini, terutama yang tinggal di daerah perkotaan yang sangat ramai oleh berbagai macam aktivitas



masyarakat. Hal ini juga disebabkan dengan meningkatnya jumlah volume kendaraan bermotor yang menghasilkan berbagai polusi salah satunya adalah kebisingan, Suara keras yang dihasilkan oleh kendaraan dapat mengganggu konsentrasi dan juga merusak kesehatan manusia. Selain itu, perkembangan industri dan banyaknya pabrik yang didirikan di daerah pemukiman penduduk, secara langsung atau tidak langsung akan berpengaruh terhadap lingkungan karena penggunaan mesin-mesin berat dan hasil industri akan menimbulkan kebisingan. Apabila pengaruh ini tidak ditangani dengan baik, maka akan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, manusia dan hewan.

## 2.4 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Menurut Lewis dan Douglas (1993) material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu: material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*), dan material peredam (*damping material*). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat.

Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material





tersebut. Pada umumnya bahan yang berpori akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor. Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara atau koefisien absorpsi ( $\alpha$ )

Bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang lebih tinggi. Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energi akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa (Tsoumis, 1991).

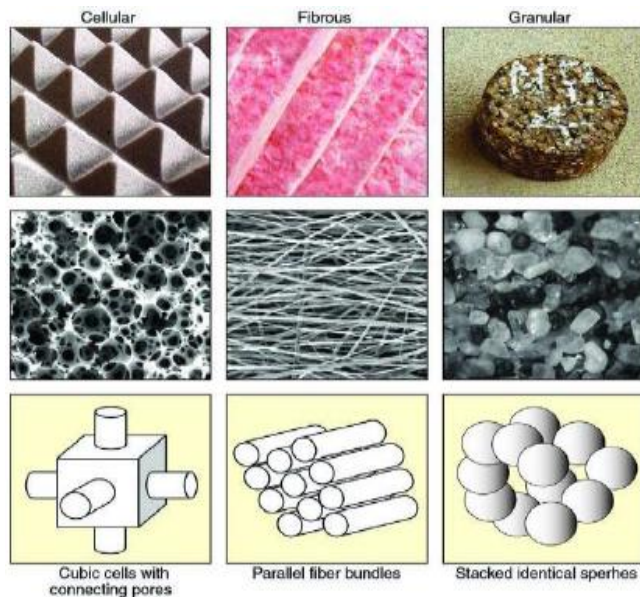
Ciri akustik bahan penyerap berbeda satu dengan yang lainnya, bergantung kepada jenis bahan. Bahan penyerap akustik umumnya dibedakan sebagai bahan berpori dan busa sintetis. Bahan berpori yang biasanya digunakan ialah serat gelas dan wol batu. Bahan-bahan ini mempunyai ciri penyerapan akustik yang tinggi dan tahan api. Akan tetapi serat-serat halus bahan tersebut dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan paru-paru manusia, apabila terhirup dan juga berharga cukup mahal.

#### **2.4.1 Bahan Absorpsi Suara**

Bahan penyerap suara memiliki peranan penting dalam proses penyerapan suara sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. Bahan penyerap suara tersebut seringkali disebut sebagai material kedap suara. Dalam sebuah konsep akustik ruangan harus dibedakan antara fungsi kedap dan fungsi pengendalian. Ada dua tipe utama bahan penyerap suara yaitu bahan penyerap suara berpori (*Porous Absorber*) dan penyerap suara tipe resonansi (*Resonant Absorber*). Bahan berpori seperti karpet, korden, *foam*,



*glasswool*, *rockwool*, *cellulose fiber*, dan material lunak lainnya menyerap energy suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energy suara lebih besar di frekuensi tinggi. Bahan penyerap berpori adalah material solid yang mengandung rongga sehingga gelombang suara dapat masuk melewatinya. Material berpori dapat diklasifikasikan sebagai selular, serat, dan granular pada konfigurasi mikroskopisnya. Bagiannya terdiri dari lubang kecil sebagai jalan masuknya gelombang suara. Sementara bahan serat biasanya terdiri dari serat alami dan serat sintetis. Dan contoh dari *Granular Material* yatu asphalt, tanah liat, pasir, tanah dan sebagainya. (Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010). Gambar 2.6 merupakan contoh dari beberapa material penyerap suara yang berpori.

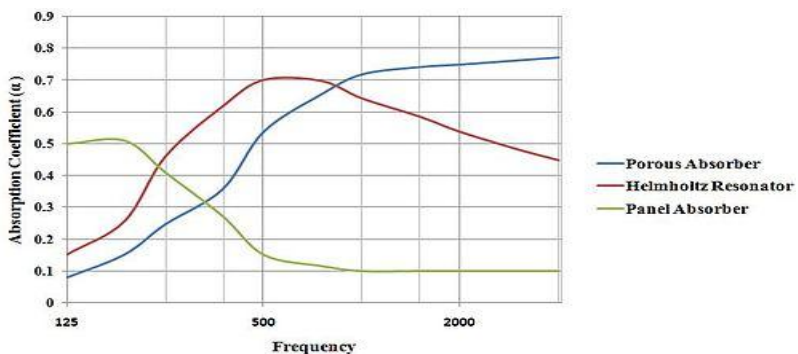


**Gambar 2.6** Material Penyerap Suara Berpori  
(Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010)



Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energy suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya. Ini berarti material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan di dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energy suara berfrekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibalikinya.

Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di pipa atau leher diatas bidang berisi udara. Permukaan berlubang menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher dan volume ruang udaranya. Apabila diinginkan sebuah dinding atau interior yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh dinding atau partisi besar untuk seluruh daerah frekuensi. Gambar 2.7 menunjukkan grafik dari tipe penyerapan suara.



**Gambar 2.7** Tipe Penyerapan Suara(Howard,2009)



#### 2.4.2 Koefisien Absorpsi Suara

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara atau koefisien absorpsi. Koefisien absorpsi atau penyerapan suara (*sound absorption*) merupakan perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas atau kalor. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Pada umumnya bahan yang berpori (*porous material*) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk kedalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor.

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Koefisien Penyerapan Bunyi Material Akustik  
(Doelle, 1993)

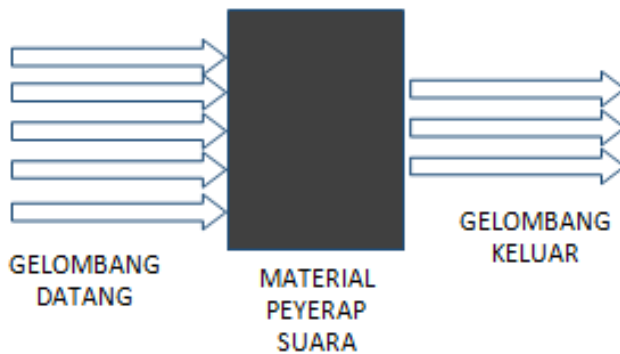
Material	Frekuensi (Hz)				
	125	500	1000	2000	4000
Gypsum Board (13mm)	0.29	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.04	0.03	0.02	0.02
Beton yang dituang	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Steel Deck (150mm)	0.58	0.71	0.63	0.47	0.040

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan



penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serapan bunyi dari material. (Howard,2009)

Proses penyerapan bunyi dari suatu material terjadi ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Kemudian beberapa gelombang akan diserap dan yang lain diteruskan melewati material tersebut, seperti pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Skema Penyerapan Suara Material Absorber  
(Howard,2009)

Nilai absorpsivitas suara dihitung menggunakan persamaan:

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \quad (2.18)$$

Sementara,

$$W_a = W_i - W_o \quad (2.19)$$

Sehingga

$$\alpha = \frac{W_i - W_o}{W_i} \quad (2.20)$$



Dimana,  $W_a$  adalah daya suara yang diserap dengan satuan dB.  $W_i$  adalah daya suara yang tiba pada permukaan bahan dengan satuan dB.  $W_o$  adalah daya suara yang keluar dari permukaan bahan dengan satuan dB.  $\alpha$  adalah nilai absorbs suara.

Proses penyerapan suara berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga dia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti Gambar 2.9), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah:

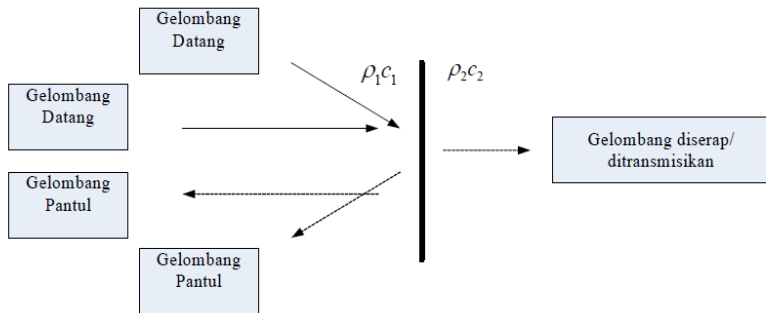
1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada Gambar 2.10, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$ , energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$ , energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$ , energi yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap.



Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan



**Gambar 2.9** Pemantulan dan Penyerapan Bunyi dari Media Akustik  
(Doelle, Leslie L, 1993)

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut. Secara matematis dapat ditulis seperti rumus berikut :

$$\alpha = \frac{\text{absorbed sound energy}}{\text{incident sound energy}} \quad (2.21)$$

$$\alpha = \text{Absorbed Sound Energy} / \text{Incident Sound Energy}$$

$$\alpha = 1 - [R]^2 = 1 - [Z_2 - \rho_1 c_1 / \rho_1 c_1 + Z_2]^2$$

dimana :



$$Z_2 = \rho_2 c_2 = \frac{\text{Applied force}}{\text{Particle Velocity}} \quad (2.22)$$

= impedansi pada bahan ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s} = \text{rayls}$ )

$\rho_1$  = Kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_2$  = Kerapatan bahan ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_1$  = Cepat rambat bunyi diudara (m/s)

$C_2$  = Cepat rambat bunyi pada bahan (m/s)

Dengan R adalah koefisien refleksi suara, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan gelombang suara yang dipantulkan terhadap tekanan gelombang suara yang datang. Persamaan tersebut menggunakan asumsi bahwa tidak ada suara yang ditransmisikan atau diteruskan.

Dalam dunia otomotif sekarang banyak digunakan material komposit pengganti logam. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, komponen *body*, *chasis* dan bagian mesin. Penggunaan material komposit dapat mengurangi penggunaan logam yang semakin mahal. Keuntungan penggunaan material komposit terletak pada bahannya yang mudah diperoleh apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian *suspension*, *engine block*, dan *gearbox* pun juga dibuat dari material komposit. Di bawah ini adalah bagian box mesin yang menggunakan material komposit. Gambar merupakan gambar bagian dalam panzer anoa.





**Gambar 2.10** Bagian dalam Panser Anoa

Elliott H. Berger, dkk mengatakan pada Noise Navigator Sound Level Database with 1700 Measurement Values tahun 2015 mengatakan bahwa kendaraan dengan tipe Armored Personel Carrier (APC) memiliki sound pressure level sebesar 109-118 dBA yang terdeteksi di dalam kendaraan tersebut.

### **2.5 Silicone Rubber**

Karakteristik unik dan harga jual yang lebih tinggi dibandingkan elastomer lain pada umumnya membuat *Silicone rubber* atau karet silikon biasanya dibedakan sebagai elastomer spesial, meskipun karet ini meningkatkan biaya alternatif dalam berbagai aplikasinya. Dua jenis silikon elastomer memiliki sifat tersebut, yaitu karet termoset yang divulkanisir dengan panas dan karet *room-temperature vulcanizing* (RTV) (Ciullo, 1996).

Menurut Nagdi (1993), Karet silikon bisa dibedakan dalam 3 kelompok :

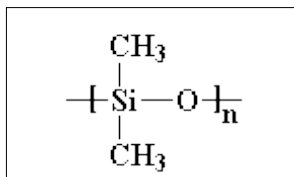
1. *Heat-vulcanizable solid rubbers*



2. *Heat-vulcanizable liquid rubbers* (LSR) didesain untuk bagian cetakan yang diproduksi secara otomatis
3. *Room-temperature vulcanization* (RTV) karet, biasanya berupa cairan yang dapat mengalir dan dipersiapkan dalam bentuk yang bisa langsung digunakan untuk aplikasi seperti penutup bangunan, enkapsulasi, lapisan pelindung dan setakan fleksibel.

Vulkanisasi mempunyai arti yang sama dengan sambung-silang, pematangan secara khusus sama artinya dengan sambung-silang (*crosslink*) namun seringkali lebih kepada kombinasi dari polimerisasi adisi dengan sambung-silang (Oadian, 2004).

Rantai utama polimer silikon adalah polidimetilsiloksan dengan rantai utama Si-O dan dua gugus metil pada setiap silikon. Rantai utama Si-O memberikan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, oksigen, panas (hingga 315 °C), sinar UV, kelembaban, dan efek cuaca secara umum. Sedangkan pengganti gugus metil memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi. (Ciullo, 1996), yang ditunjukkan oleh gambar 2.11.



**Gambar 2.11** Rantai Utama Polidimetilsiloksan (PDMS)  
(Ciullo, 1996)

Pada umumnya, karet silikon merupakan campuran berkekuatan rendah yang berguna pada tingkat temperatur -80 hingga 450 °F (-62.2 hingga 232.2 °C). Karet silikon juga mempunyai ketahanan terhadap api, cahaya, dan ozon yang sangat baik. Karet silikon biasanya kurang tahan terhadap fluida. Karet silikon sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap panas karena mempunyai temperatur transisi glass yang



rendah yaitu  $-197^{\circ}\text{F}$  ( $-127.2^{\circ}\text{C}$ ) sehingga membuatnya memiliki fleksibilitas pada temperatur rendah yang cukup baik. Campuran yang berbasis karet silikon mempunyai kekuatan tear yang sangat rendah dan pada biasanya tidak cocok untuk aplikasi dinamik. (Deni, 2015).

Sifat permukaan karet silikon dipengaruhi oleh empat karakteristik struktural (Owens, 2012), yaitu :

1. Gaya intermolekul yang rendah antara gugus metil
2. Fleksibilitas yang tinggi dari rantai utama siloksan
3. Kekuatan yang tinggi dari ikatan siloksan
4. Ionik parsial alami yang dimiliki oleh ikatan siloksan

Tabel 2.4 menunjukkan sifat mekanik dan sifat fisik dari *silicone rubber*

**Tabel 2.4** Sifat Fisik dan Mekanik Silicone rubber (Owens, 2012)

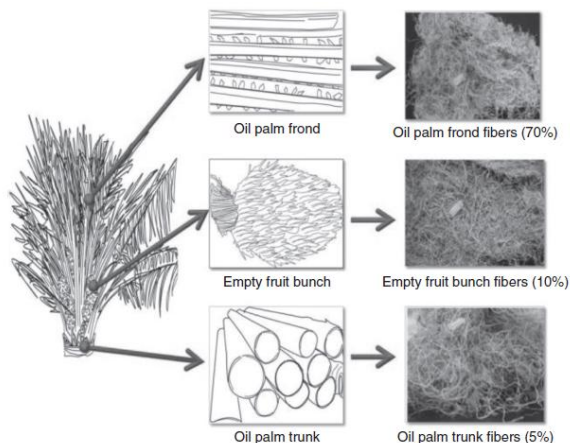
Densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0,9-1.12
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	-55-200
Kuat Tarik (MPa)	2.4-8
Kuat Tekan (MPa)	10-30
Hardness Vickers (VHN)	15

## 2.6 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit(TKKS)

Serat alam juga memiliki kelebihan yaitu sifat *Biodegradable* atau material yang dapat terdegradasi oleh aktivitas biologis, dengan kelebihan tersebut, material menjadi ramah lingkungan. Adapun kelebihan serat alam yang lain adalah sifat non-abrasif serat alam terhadap alat-alat pemrosesan, sehingga relatif lebih aman. Selain itu, serat alam juga tidak mengandung partikel-partikel halus yang dapat membahayakan kesehatan (iritasi kulit). Hal ini sangat bertolak belakang dengan sifat serat glass (sintetik) yang sangat abrasif, baik terhadap kulit maupun terhadap peralatan proses. Namun kelemahan serat alam adalah tidak dapat beroperasi pada suhu tinggi. Di alam, berbagai

jenis serat alam banyak ditemukan, baik dari serat non organik (asbestos), maupun serat organik (serat hewan dan tumbuhan). Dalam hal pemanfaatannya, ada dua klasifikasi umum untuk tanaman yang memproduksi serat alam yaitu primer dan sekunder. Tanaman primer adalah tanaman yang tumbuh dengan adanya kandungan serat sedangkan tanaman sekunder adalah tanaman yang memproduksi serat sebagai produk sampingan dari pemanfaatan utama tanaman tersebut. Goni, rami, kenaf, sisal, dan kapas adalah contoh dari tanaman primer. Sementara nanas, batang sereal, agave, kelapa sawit, dan sabut adalah contoh tanaman sekunder (Sreekala,2001).

Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai *filler* adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit Akan. Tetapi, sampai saat ini pemanfaatan tandan kelapa sawit masih sebatas pembuatan kompos dan bahan interior dengan cara memisahkan serat-serat tandan kelapa sawit. Meskipun demikian beberapa peneliti sudah mulai menyadari bahwa bentuk serat dan kadungan serat tandan kelapa sawit yaitu selulosa dan hemiselulosa, dapat dimanfaatkan sebagai komponen komposit (Sreekala,2001)..

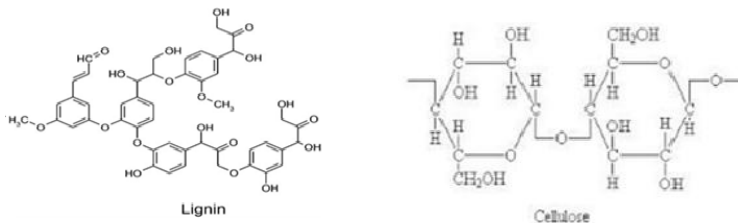


**Gambar 2.12** Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya  
(Khalid, 2008)



Selulosa dan hemiselulosa dalam tubuh tumbuhan umumnya terbungkus secara fisik oleh lignin dan pektin. Pemisahan lignin dan pektin dari selulosa dapat dilakukan didasari oleh perbedaan kelarutan antara keduanya. Proses yang sering dilakukan untuk memisahkan lignin dan pektin dari selulosa adalah pulping atau *chemical retting*. Pulping merupakan proses pelarutan lignin (delignifikasi) melalui pemasakan bahan dengan larutan pemasak tertentu sedangkan *chemical retting* adalah teknik untuk mendapatkan serat selulosa dari komponen tumbuhan dengan bantuan bahan kimia. Pulping dan *Chemical retting* pada umumnya melibatkan pemanasan sampai suhu 100°C dalam larutan pemasak tertentu seperti NaOH, KOH, atau asam sulfat cair dimana akan terjadi pemutusan ikatan lignin karbohidrat sehingga lignin yang lepas akan larut dalam larutan pemasak (Holtzapple, 2003).

Selulosa adalah polisakarida semi-kristal yang muncul di alam dalam bentuk serat dengan lebar mulai dari 5 sampai 20  $\mu\text{m}$  dan panjang di kisaran 0,5 hingga beberapa milimeter. Struktur kimia dari lignin dan selulosa ditunjukkan oleh Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Struktur Kimia Lignin dan Selulosa  
(Shinoj, 2009)

Komposisi kimia dari serat tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan oleh Tabel 2.5 dan sifat fisik-mekanik dari serat tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan oleh Tabel 2.6.



**Tabel 2.5** Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit  
(Shinoj, 2009)

Unsur	Persentase (%)
Selulosa	42.7-65
Hemiselulosa	17.1-33.5
Lignin	13.2-25.31
Holospelulosa	68.3-86.3

**Tabel 2.6** Sifat Fisik dan Mekanik Serat Kelapa Sawit  
(Shinoj, 2009)

Sifat	Nilai
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	150-500
Massa Jenis ( $\text{g/cm}^3$ )	0.7-1.55
Kekuatan Tarik (Mpa)	50-500
Modulus Elastisitas (Gpa)	0.57-9

## **2.7 Barium M- Heksaferit (BAM)**

Barium ferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) merupakan bahan magnetik yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan teknologi yang besar. Barium ferit termasuk material magnet permanen. Selain itu juga banyak digunakan untuk magnet permanen, media penyerapan magnetik, dan peredam microwave, karena stabilitas yang tinggi, respon frekuensi tinggi, magnetocrystalline anisotropi besar dan magnetisasi yang besar (Jiang, 2008). Magnet barium ferit ini termasuk klasifikasi material keramik magnet keras yang memiliki struktur hexagonal ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), sehingga dikenal dengan nama barium hexaferit. Barium ferit berkembang sejak awal tahun 1960, sebagai alternatif untuk menggantikan penggunaan magnet logam (Mallick, 2007). Kelebihan Barium Heksaferit diantaranya yaitu, mempunyai anisotropi kristalin magnet yang cukup besar, koersivitas tinggi (6700 Oe), suhu Curie ( $450^\circ\text{C}$ ), magnetisasi saturasi yang relatif besar (78 emu/g), kestabilan kimiawi yg baik, tahan korosi (X. Tang, 2005) dan pembuatannya yang relatif mudah. Bahan Barium Heksaferit dapat disintesis menggunakan beberapa



metode yang telah dikembangkan, diantaranya kristalisasi dari kaca, mekano-kimia, metalurgi serbuk (mechanical alloying), high ball milling, mekanik paduan sol-gel, aerosol dan kopresipitasi (Priyono, 2010). Barium Ferit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U (Pullar, 2012). Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M, yang biasa dikenal dengan nama BAM. BaM dengan rumus kimia stoikiometri  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  memiliki magnetisasi saturasi besar, koersivitas tinggi, suhu curie tinggi, anisotropi magnetik besar dan stabilitas kimia yang sangat baik, dengan beberapa sifat BaM lainnya ditunjukkan pada Tabel 2.7. Bahan-bahan ini telah diselidiki karena aplikasi teknologi dalam magnet permanen, media perekaman magnetik kepadatan tinggi dan perangkat *microwave* (Kanagesan, 2013).

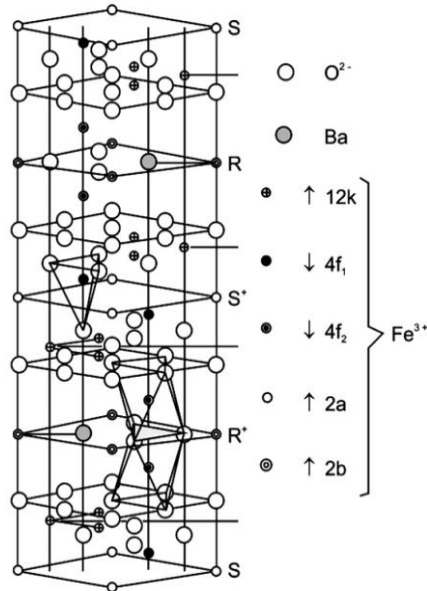
**Tabel 2.7** Sifat Material dari Barium M-Heksaferrit  
(Kanagesan, 2013)

<i>Material Properties</i>	Barium M-Heksaferit
<i>Melting point</i> (°C)	1500
Curie Temperatur (°C)	450
<i>Specific Gravity</i> (g/cc)	5,3 (20 °C)
Titik leleh (°C)	± 1500
Koersivitas (Oe)	6700
Saturasi (emu/g)	72
Bentuk	Serbuk
Warna	Cokelat kehitam-hitaman

Struktur kristal dari tipe M-ferrite telah dijabarkan oleh Adelskold pada Gambar 2.17 yang menunjukkan unit sel dari BaM. Dalam unit sel, ion  $\text{O}^{2-}$  membentuk *hexagonal lattice*. Setiap lima layer oksigen terdapat satu ion  $\text{O}^{2-}$  yang digantikan oleh Ba karena memiliki diameter yang hampir sama. Di sisi lain, dapat diketahui dari konsep magnetik bahwa paduan tipe M memiliki tipe struktur ferromagnetik. Pada magnet  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  merupakan *ferritic iron* dengan momen magnetik sebesar  $5\mu_B$ . Struktur magnetik dengan anak panah akan merepresentasikan



ukuran dan orientasi spin elektron yang tidak berpasangan dengan posisi kristalografi yang berbeda-beda. Struktur kristal dari BaM seperti pada Gambar 2.14



**Gambar 2.14** Struktur Kristal Barium M-Heksaferrit  
(Castellanos, 2011)

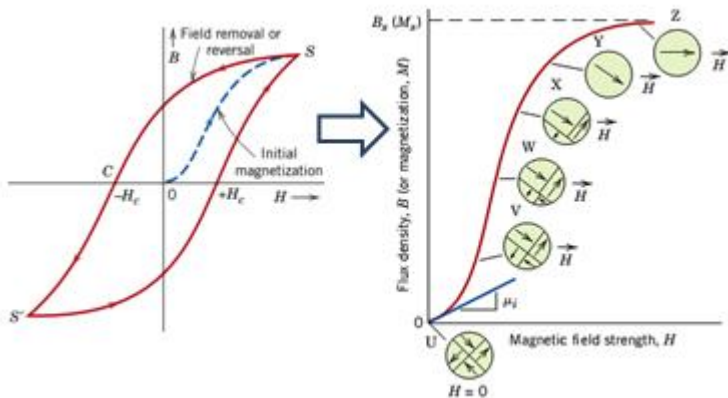
BaM termasuk hard magnetik dengan ciri-ciri koersivitas dan magnetisasi yang tinggi. Material magnetik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu soft dan hard. Material hard magnetik memiliki kurva histeresis yang lebih lebar karena energi yang hilang untuk proses magnetisasi tinggi sehingga koersivitasnya ( $H_c$ ) besar. Jadi semakin besar koersivitas, maka semakin keras sifat magnetnya. Material hard magnetik banyak diaplikasikan sebagai bahan magnet permanen. Material soft magnetik, dapat mencapai magnetisasi jenuh dengan pemberian medan magnet dari luar relatif rendah, sehingga akan mudah dimagnetisasi maupun demagnetisasi. Material hard magnetik memiliki nilai  $H_c$





di atas 10 kA/m, sedangkan untuk material soft magnetik di bawah 1 kA/m. BaM memiliki medan  $H_c$  yang besar, dikarenakan sifat anisotropik kristalin yang besar. Sifat ini ditimbulkan saat orientasi dipolnya searah (Nasution, 2012).

Magnet BaM mudah dimagnetisasi dalam sumbu  $c$ . Harga medan  $H_c$  akan sangat besar jika ukuran partikel mencapai ukuran dimana dalam partikel hanya terdapat satu arah dipol. Oleh karena itu, akan menyebabkan semakin sulit dihilangkan medan induksinya ( $B=0$ ) sampai arah dipol kembali menjadi random seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15, sehingga nilai  $H_c$  BaM makin tinggi (Nasution, 2012). Sedangkan RAM memiliki sifat magnetisasi yang tinggi dan koersivitas ( $H_c$ ) yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya substitusi ion logam agar dapat digunakan untuk aplikasi RAM. Adanya efek substitusi menyebabkan  $H_c$  menurun dan magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) menurun dalam waktu bersamaan (Li dkk, 2013).

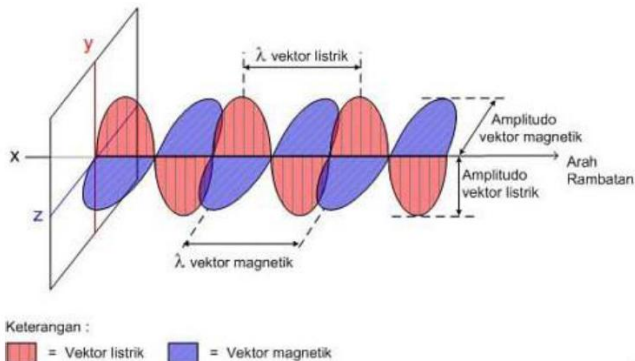


**Gambar 2.15** Orientasi Dipol Magnetik saat Proses Magnetisasi (Callister, 2008)

## 2.8 Radar

Radar merupakan singkatan dari “Radio detection and ranging”, Sebuah sistem radar biasanya beroperasi di ultra-high-

frequency (UHF) atau bagian gelombang mikro dari frekuensi radio (RF), dan digunakan untuk mendeteksi posisi dan atau gerakan benda. Radar dapat melacak sistem badai, karena curah hujan mencerminkan medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Radar juga dapat menentukan lokasi yang tepat dari suatu objek. Sistem radar banyak digunakan dalam kontrol lalu lintas udara, navigasi pesawat terbang, dan navigasi laut. Radar berkekuatan tinggi, menggunakan dish antennas, yang telah banyak digunakan untuk mengukur jarak ke bulan, planet-planet lainnya, asteroid, dan satelit buatan. Radar telah digunakan oleh NASA (National Aeronautics and Space Administration AS) untuk membuat peta topografi yang sangat rinci dari permukaan bumi juga. Radar bekerja dengan cara melepaskan gelombang elektromagnetik, seperti pada Gambar 2.16 yang menunjukkan bahwa gelombang elektromagnetik merupakan kombinasi medan listrik ( $E$ ) dan medan magnet ( $B$ ) yang merambat secara transversal dan tegak lurus terhadap arah rambatnya.



**Gambar 2.16** Gelombang Elektromagnetik(Skolnik, 2008)

Pada perambatan gelombang ada beberapa karakter yang bisa diukur antar lain : panjang gelombang, frekuensi dan amplitudo/amplitudo. Amplitudo ( $A$ ) adalah tinggi gelombang, sedangkan panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah jarak antara dua



puncak. Frekuensi ( $f$ ) adalah jumlah gelombang yang melalui suatu titik dalam satu satuan waktu. Panjang gelombang radar dapat diklasifikasikan berdasarkan pembagian band frekuensi yang ditunjukkan pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8** Panjang Gelombang Berdasarkan Band Frekuensi  
 (Skolnik, 2008)

Frekuensi Band	Frekuensi Range gelombang	Aplikasi
HF	3-30 Mhz	OTH surveillance
VHF	30-300 Mhz	Very-long Range surveillance
UHF	300-1000 Mhz	Very- Long range surveillance
L	1-2 Ghz	Radio navigasi
S	2-4 Ghz	Komunikasi satelit, meteorological satellite
C	4-8 Ghz	Satelit komunikasi, deteksi cuaca
X	8-12 Ghz	Deteksi missile, radar kapal laut
K <sub>u</sub>	12-18 Ghz	Komunikasi satelit tetap
K	18-27 Ghz	Water vapor
K <sub>a</sub>	27-40 Ghz	Mobile komunikasi satellite
Milimeter	40-100+ Ghz	Penelitian luar angkasa

X band (8-12 GHz) merupakan band radar yang biasa digunakan untuk aplikasi militer. Khususnya digunakan untuk radar militer benda benda yang berada diudara. Frekuensi dari frekuensi X band ini cocok digunakan untuk, mendeteksi kapal laut, mendeteksi cuaca buruk, dan deteksi kecepatan kendaraan darat. Frekuensi X band juga dapat mendeteksi rudal. Besar frekuensi X band bertujuan untuk benda benda yang bergerak.



Terkadang cuaca yang buruk dapat mempengaruhi performa yang signifikan dari frekuensi X band. (Skolnik, 2008).

### 2.9 RCS (*Radar Cross Section*)

RCS adalah daerah pada target yang memantulkan sinyal radar yang datang berdasarkan ukuran, bentuk, maupun jenis materialnya ke arah penerima radar (Knott, 2005). Sehingga semakin kecil nilai RCS yang diterima maka semakin kecil pula ukuran target yang terdeteksi. Beberapa contoh RCS pada frekuensi gelombang mikro ditunjukkan pada Tabel 2.9.

**Tabel 2.9** Radar Cross Section pada Gelombang Mikro  
(Skolnik, 2008)

Target	RCS (m <sup>2</sup> )
Misil konvensional tak berawak	0.5
Pesawat terbang kecil mesin tunggal	1
Pesawat tempur kecil, helikopter 4 penumpang	2
Pesawat tempur besar	6
Bomber medium, pesawat penumpang medium	20
Bomber besar, pesawat penumpang besar	40
Helikopter jumbo	100
Kapal induk pesawat terbang	100000
Sekoci	0.02
Perahu kecil	2
Perahu motor	10
Kapal pesiar besar	10000
Truk pengangkut	200
Mobil	100
Sepeda	2
Manusia	1
Burung	0.01
Serangga	10 <sup>-5</sup>

Sumber : Skolnik, 2008



## **2.10 Material Penyerap Radar (*Radar Absorbing Material*)**

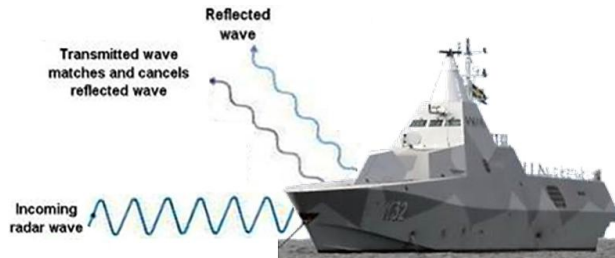
Radar Absorbing Material (RAM) mulai dikenal sejak tahun 1930 setelah ditemukannya radar. RAM yang pertama adalah *wesch* yaitu material serbuk carbonyl iron dengan karet lembaran yang memiliki tebal 7,62 mm dan mampu mereduksi frekuensi sampai 3 GHz digunakan untuk melapisi kapal selam milik Jerman merupakan bahan yang memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik sehingga meminimalkan gelombang yang direfleksikan. RAM terdiri dari dua bahan yaitu dielektrik dan magnetik absorbers. Dielectric absorber tergantung pada hilangnya ohmik energi yang dapat dicapai dengan memuat pengisi lossy seperti karbon, grafit, polimer konduksi atau partikel logam/bubuk ke dalam matriks polimer. Sifat dielektrik dapat dikutip dari konstanta dielektrik dan kehilangan tangen  $\delta$ . Magnetic absorber tergantung pada kurva histeris magnetik yang diperoleh ketika partikel ferrite diisi ke dalam matriks polimer. Gelombang elektromagnetik merupakan penjaralan medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

Penyerap gelombang mikro dibagi menjadi dua jenis yaitu dengan rekayasa teknik dan rekayasa material. Pada rekayasa teknik menggunakan rekayasa geometri dengan menggunakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi untuk menghasilkan interferensi destruktif antara gelombang datang dan gelombang pantul oleh bidang bidang bersesuaian dengan panjang gelombang yang akan diserap. Metode ini sangat efektif namun memiliki keterbatasan karena syarat geometri memerlukan dimensi tertentu.

Mekanisme penyerapan RAM terjadi di dalam material magnetik dan material dielektriknya. Ketika gelombang radar/mikro mengenai lapisan RAM, gelombang tersebut akan

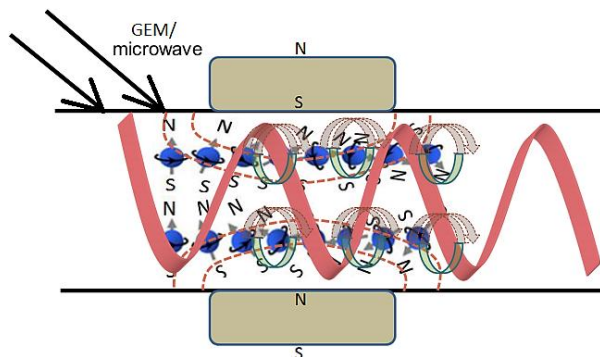


diserap, ditransmisikan dan direfleksikan seperti pada Gambar 2.17.



**Gambar 2.17** Ilustrasi Penyerapan RAM pada Kapal HMS Helsingborg 32 (Rinata, 2011)

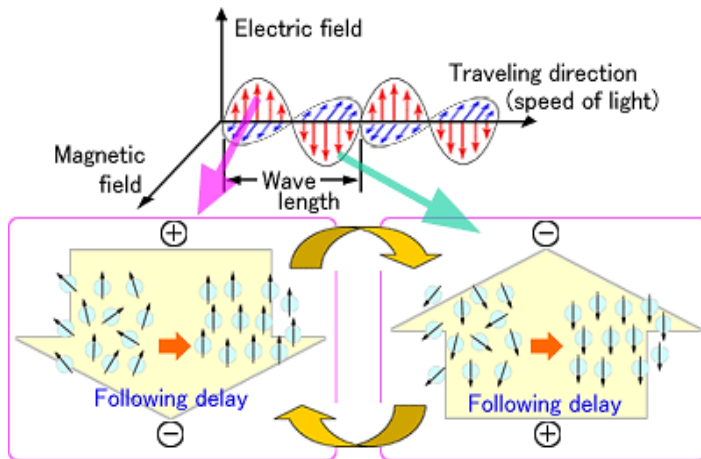
Medan magnetik dari gelombang radar/mikro tersebut sebagian akan diserap oleh material magnetik melalui mekanisme rugi magnetik. Mekanisme tersebut terjadi selama rotasi arah dipol magnetik yang random karena pengaruh medan magnetik eksternal seperti pada Gambar 2.18. Sehingga proses ini meningkatkan intensitas medan magnet internal materialnya ( $B$ ) (Amalia, 2014).



**Gambar 2.18** Mekanisme Rugi Magnetik pada Material Magnetik (Kono, 2012)

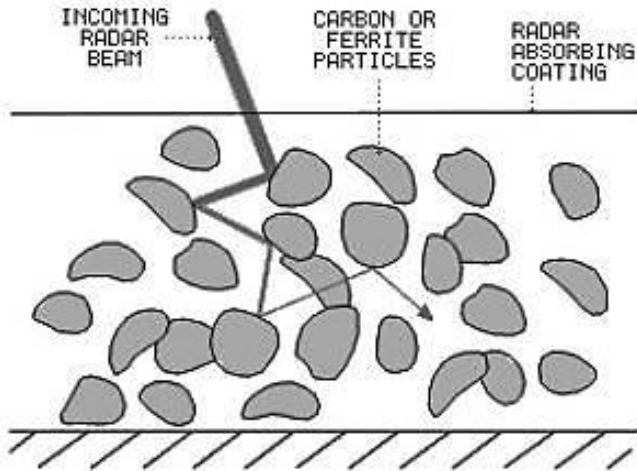


Sedangkan medan listrik dari gelombang tersebut akan diserap oleh material dielektriknya. Proses ini menyebabkan terjadinya proses polarisasi dipol-dipol listrik di dalam material dielektrik tersebut. Dipol-dipol listrik ini selanjutnya akan terus berosilasi mengikuti arah medan listrik yang datang sehingga meningkatkan energi polarisasi dalam medium dan menciptakan medan listrik yang berlawanan (Nuraini, 2015), seperti terlihat pada Gambar 2.19.



**Gambar 2.19** Mekanisme Rugi Listrik pada Material Dielektrik (Yamanaka, 2010)

Selanjutnya, medan listrik di dalam medium dapat menimbulkan medan magnet sehingga medan magnet ini akan diperkuat oleh medan magnet internal dari material magnetik dan akan saling bersuperposisi destruktif dengan medan magnet dari gelombang mikro yang datang sehingga gelombang yang direfleksikan ke *receiver* radar semakin lemah dan *Radar Cross Section* nya (RCS) hanya akan terdeteksi sebagai benda kecil (Amalia, 2014), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20.



**Gambar 2.20** Mekanisme Penyerapan RAM (Wilson, 2006)

RAM masih terus dikembangkan di berbagai negara hingga saat ini. Material penyerap gelombang radar atau RAM idealnya memiliki nilai rugi refleksi maksimum ( $R_{Lmaks}$ )  $\leq -20$  dB, dengan spesifikasi material yang ringan, mudah didesain, murah dan stabil terhadap pengaruh lingkungan (Mashuri, 2012). Beberapa spesifikasi RAM komersil dapat dilihat pada Tabel 2.10.

**Tabel 2.10** Spesifikasi beberapa RAM komersil

Produk	Nama	Bentuk	Bahan	Spesifikasi		
				Tebal (mm)	$R_L$ (dB)	Frekuensi (GHz)
Wesch (Submarine)	Jerman	Wafel	Besi karbonil + lembar karet	7.62	-20	3





		<i>Jauman absorber</i>	Lembaran resitif +plastik rigid	76.2	- 20	2-15
<i>Shipborne absorber</i>	US Rubber Company	Salibury Screen	Iron + matriks karet	1.778	- 20	X-band
MX-410 (Airbone)	Amerika	Oriented disk	Al dengan matriks karet+karbon hitam	0.635	- 15 - 20	X-Band
Spongex	Sponge Products Company	-	Karbon dilapisi bulu hewan	50.8	- 20	2.4 - 10
<i>Circuit analog material</i>	Severin and mayer	Piramidal	Ferrite underalayer	-	- 60	X-Band
RAM	Liu	Pellet	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> /P Ani	2	- 28	12.8
Absorbing Microwave	Q-ZORB	Lembaran	PN 1045R-Natural rubber	0.9	- 20	16.7

### **2.11 Reflection Loss**

*Reflection loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap gelombang elektromagnetik. Nilai negatif pada *reflection loss* menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro, dimana semakin besar nilai negatif *reflection loss* maka semakin besar daya serap bahan terhadap



gelombang mikro (Wijaya dan Pintowantoro, 2012). *Reflection loss* memiliki hubungan terhadap normalisasi impedansi masukan  $Z_{in}$  dari sebuah lapisan serapan logam yang dirumuskan sebagai berikut :

$$RL (dB) = 20 \log \left| \frac{Z_{in}-1}{Z_{in}+1} \right| \quad (2.21)$$

$Z_{in}$  memiliki persamaan yang dinyatakan :

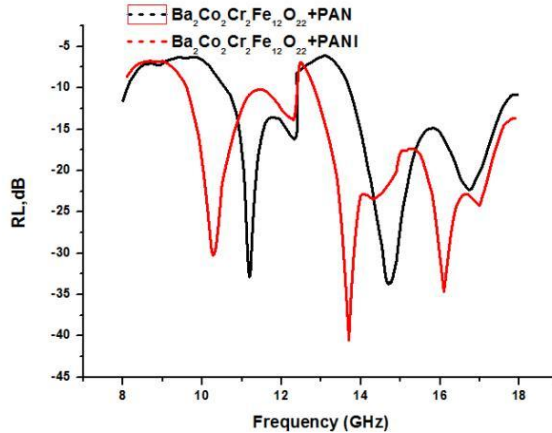
$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \tanh \left[ j \frac{2\pi}{c} \sqrt{\mu_r \epsilon_r} f d \right] \quad (2.21)$$

$\mu_r$  dan  $\epsilon_r$  merupakan permeabilitas dan permitivitas relatif dengan besaran kompleks (real dan imajiner),  $c$  merupakan kecepatan cahaya dalam ruang bebas,  $f$  adalah frekuensi, dan  $d$  merupakan ketebalan dari material yang diukur.

Selain itu, *reflection loss* pada umumnya dapat ditulis dengan rumusan :

$$RL (dB) = -20 \log \left( \frac{P_{in}}{P_{Ref}} \right) \quad (2.22)$$

Dengan keterangan bahwa  $P_{in}$  merupakan besarnya sinyal input gelombang elektromagnetik yang diberikan oleh sumber (dalam %) kepada sebuah material dan  $P_{Ref}$  merupakan sinyal output dari gelombang yang dipantulkan oleh material yang menerima gelombang elektromagnetik dari input (dalam %). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Bayrakdar, 2016) telah didapatkan kurva *reflection loss*, seperti pada Gambar 2.22 dengan menggunakan material  $Ba_2Co_2Cr_2Fe_{12}O_{22}$ , polianilin (PAni) serta polyacrylonitrile (PAN) sehingga didapatkan nilai *reflection loss* sebesar -40dB pada frekuensi 14GHz.



**Gambar 2.21** Pengukuran Penyerapan Gelombang dari Struktur Nanokomposit (Bayrakdar, 2016)

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Telah banyak pengujian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya. (Suban dan Farid, 2015).

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu.

Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga



akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Farid dan Agung, 2015).

Menurut Farid dan Afira (2017), ukuran *filler* menyebabkan perubahan jumlah dan bentuk pori pada *Silicone rubber*. Ukuran *filler* menyebabkan rata-rata nilai turun. Nilai  $\alpha$  tertinggi pada frekuensi 4000 Hz ada pada *Silicone rubber* poros murni, yaitu sebesar 0,431. Penambahan fraksi berat merubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada *Silicone rubber* poros murni. Semakin besar fraksi berat mikro selulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan penambahan *filler* nano selulosa akan menyebabkan penurunan nilai  $\alpha$  pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai  $\alpha$  tertinggi pada 6% berat dengan nilai  $\alpha$  pada frekuensi 4000 Hz sebesar 0,425. Menurut Farid dan Zulhemi (2017), Nilai koefisien absorpsi suara tertinggi terdapat pada komposit *Porous 100% Silicone rubber* sebesar 0.44 pada frekuensi 4000 Hz dalam komposit *silicone rubber* berpenguat serat cangkang kelapa sawit. Namun penurunan nilai koefisien absorpsi suara terjadi seiring penambahan *filler* serat cangkang kelapa sawit.

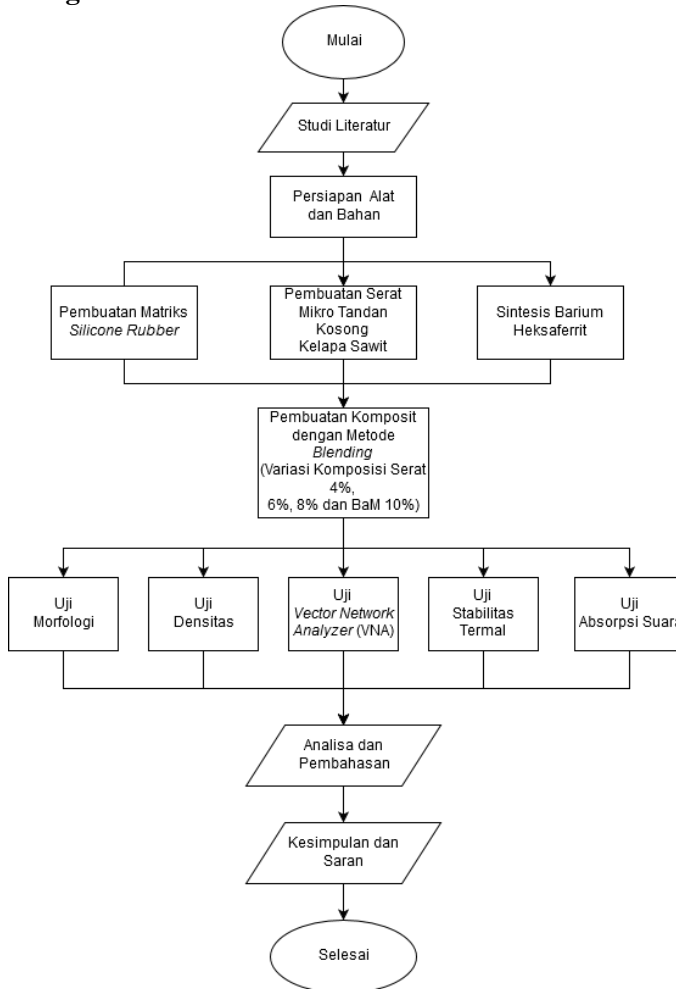


*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Metode Penelitian

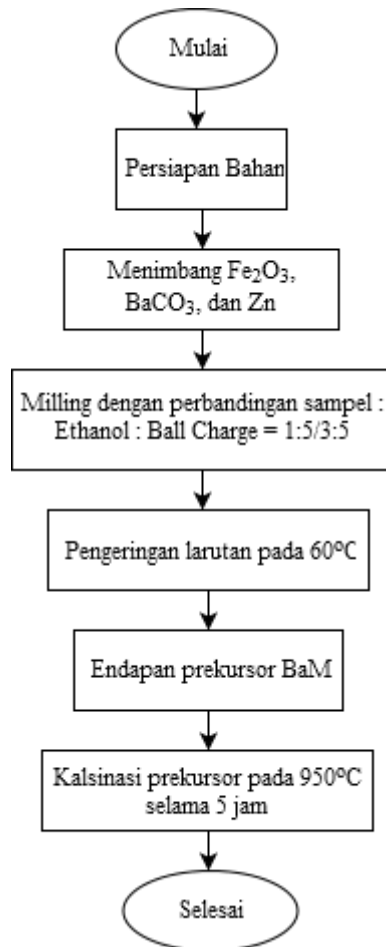
#### 3.1.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



### 3.1.2 Sintesis Barium M-Heksaferrit



**Gambar 3.2** Diagram Alir Sintesa BaM



## 3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Serat tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*)  
Serat tandan kosong kelapa sawit berasal dari perkebunan kelapa sawit di daerah Dumai, Provinsi Riau Indonesia. Serat tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai pengisi dari material komposit seperti pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

2. NaOH  
NaOH yang digunakan berbentuk bongkahan-bongkahan kecil berwarna putih yang digunakan untuk proses alkalisasi serat seperti pada Gambar 3.4. NaOH yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.4** NaOH





3.  $H_2O_2$   
 $H_2O_2$  yang digunakan berbentuk cairan bening yang digunakan untuk proses alkalisasi serat seperti pada Gambar 3.5.  $H_2O_2$  yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.



**Gambar 3.5**  $H_2O_2$

4. *Silicone rubber RTV 585*  
*Silicone rubber RTV 585* yang digunakan berbentuk cairan kental berwarna putih sebagai matriks dari material komposit seperti pada Gambar 3.6. *Silicone rubber RTV 585* yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.

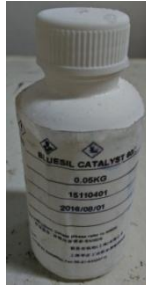


**Gambar 3.6** *Silicone Rubber RTV 585*



5. *Bluesil Catalyst*

*Bluesil Catalyst* merupakan bahan katalis yang digunakan dalam pembuatan komposit *silicone rubber* yang berwarna bening seperti pada Gambar 3.7. *Bluesil catalyst* yang digunakan diperoleh dari PT. Justus Kimiaraya Surabaya.



**Gambar 3.7** Katalis Bluesil

6. NaCl

NaCl yang digunakan berbentuk serbuk yang berwarna putih seperti pada Gambar 3.7. NaCl yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



**Gambar 3.8** NaCl

7. Hexane

Hexane yang digunakan berwarna bening untuk pelarut dari silicon rubber RTV 585 seperti pada Gambar 3.9. Hexane yang digunakan diperoleh dari CV. Rajawali Teknik Surabaya.



**Gambar 3.9** Hexane

8. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )  
Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) yang digunakan berwarna putih. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.10. Serbuk Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.10**  $\text{BaCO}_3$

9. Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang digunakan berwarna merah bata. Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti



pada Gambar 3.11. Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



**Gambar 3.11**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

10. Serbuk Zn

Serbuk Zn yang digunakan berwarna abu-abu. Serbuk Zn merupakan bahan pembuatan Barium Heksaferrit seperti pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Serbuk Zn

11. Alkohol

Alkohol yang digunakan adalah alkohol 96% berbentuk cairan berwarna bening seperti pada Gambar 3.13. Alkohol 96% yang digunakan diperoleh dari UD. SIP Klampis Surabaya.



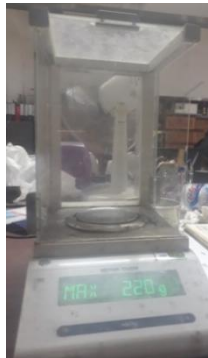
**Gambar 3.13** Alkohol

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang digunakan seperti pada Gambar 3.14



**Gambar 3.14** Timbangan Digital

2. Planetary Ball Milling

*Planetary Ball Mill* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material ITS seperti pada Gambar 3.15.



**Gambar 3.15** *Planetary Ball Mill*

3. *Vacum Furnace*

Alat ini digunakan untuk proses kalsinasi serbuk hasil proses milling. Vacuum furnace yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.16.



**Gambar 3.16** *Vacum Furnace*

4. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur dimensi spesimen.

5. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji.

6. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan serat setelah perendaman dengan NaOH. Oven yang digunakan milik Laboratorium Inovasi Material di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

7. Blender

Digunakan untuk menghaluskan serat tandan kosong kelapa sawit.



8. Gunting  
Gunting digunakan untuk memotong serabut kelapa agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
9. *Hot Plate dan Stirrer*  
Alat ini digunakan untuk mengaduk dan mencampur larutan agar homogen. *Hot plate dan Stirrer* yang digunakan milik laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS Seperti pada Gambar 3.17.



**Gambar 3.17** Hot Plate dan Magnetic Stirrer

10. *Alumunium Foil*  
Digunakan untuk melapisi cetakan agar tidak lengket.
11. Gelas Beaker  
Alat ini digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan larutan.
12. Mesin Pencacah Organik  
Mesin pencacah organik yang digunakan milik Laboratorium Kimia dan Bahan Alam milik Jurusan Teknik Kimia FMIPA – ITS seperti pada Gambar 3.18.



**Gambar 3.18** Alat Pencacah Organik

13. Mesin *Shieving*

Mesin *sieving* yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material milik Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.19.



**Gambar 3.19** Alat *Sieving*

14. Alat Uji SEM

Alat SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material FTI – ITS seperti pada Gambar 3.20.





**Gambar 3.20** Alat Uji SEM

15. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan kawat (*sample holder*) seperti pada Gambar 3.21.



**Gambar 3.21** Alat Uji Densitas

16. Alat Uji TGA

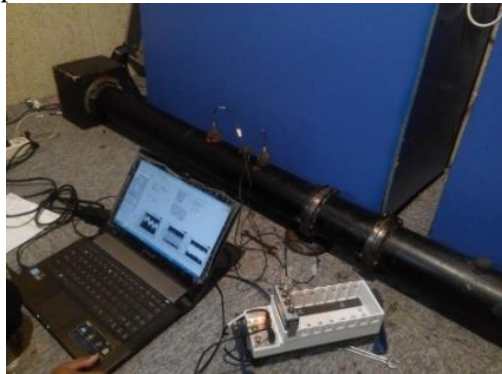
Mesin TGA yang digunakan milik Laboratorium Terpadu FMIPA UNESA Surabaya seperti pada Gambar 3.25.



**Gambar 3.22** Alat Uji TGA

17. Alat Uji Absorpsi Suara

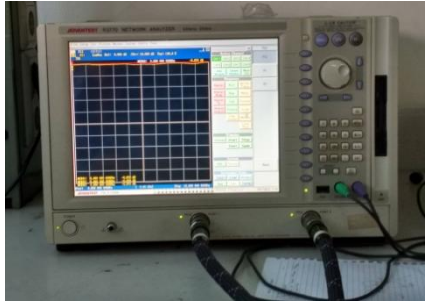
Alat ini digunakan untuk mengukur koefisien serap suara sampel. Alat uji absorpsi suara milik Laboratorium Akustik Material di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS seperti pada Gambar 3.23.



**Gambar 3.23** Alat Uji Absorpsi Suara

18. Alat Uji *Vector Network Analyser* (VNA)

Alat ini digunakan untuk mengukur sifat absorpsi gelombang mikro pada sampel milik Laboratorium Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung seperti pada Gambar 3.24.



**Gambar 3.24** Alat Uji VNA

### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi berat serat dengan masing-masing komposisi sebesar 0%, 4%, 6%, dan 8%.

### **3.4 Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan oleh Tabel 3.1.



**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No.	Spesimen Uji	Pengujian				
		SEM	TGA	VNA	Densitas	$\alpha$
1	<i>Silicone rubber</i> berporos + 10% BaM	V	V	V	V	V
2	SiR+10% BaM+4% Serat mikro TKKS	V	V	V	V	V
3	SiR+10% BaM +6% Serat mikro TKKS	V	V	V	V	V
4	SiR+10% BaM +8% Serat mikro TKKS	V	V	V	V	V

SiR = *Silicone rubber* ; TKKS = Tandan Kosong Kelapa Sawit ;  
BaM = Barium Heksaferrit

### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang dilakukan.



### 3.5.1.1 Pengolahan Serat

Pembuatan serat mikro tandan kosong kelapa sawit adalah sebagai berikut:

1. Menjemur Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) selama  $\pm 2$  hari untuk menghilangkan kelembaban.
2. Membersihkan serat TKKS dari pengotor dengan air bersih.
3. Mengeringkan serat TKKS dengan menggunakan oven pada temperatur  $90^{\circ}\text{C}$
4. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah organik.
5. Serat di-*meshing* untuk mendapatkan ukuran yang homogen dengan rentang ukuran antara 280 mikron hingga 900 mikron
6. Melakukan alkalisasi pada serat TKKS dengan NaOH 2% selama 3 jam pada temperatur  $70^{\circ}\text{C}$  menggunakan *magnetic stirrer*
7. Mencuci sampel hasil alkalisasi dengan air distilasi sampai pengotor pada permukaan hilang
8. Menghilangkan kadar air serat dengan cara di-oven pada temperatur  $105^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam

### 3.5.1.2 Pengolahan Matriks

1. Mencampurkan *silicone rubber*, hexane dan NaCl sesuai rasio yang ditentukan dengan perbandingan *silicone rubber*:hexane:NaCl adalah 2:3:8.
2. Menambahkan katalis sebanyak 2%
3. Melakukan pengadukan
4. Memanaskan pada  $30^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam untuk menguapkan hexane.
5. Membiarkan hingga *curing*.
6. Merendam hasilnya pada air hangat untuk melarutkan NaCl.
7. Melakukan *drying* pada  $100^{\circ}\text{C}$  untuk menghilangkan sisa air.



### 3.5.1.3 Sintesis Barium Heksaferrit

1. Serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dicampurkan dengan  $\text{BaCO}_3$  dan ditambahkan dengan serbuk Zn sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam *jar milling* seperti Gambar 3.25



**Gambar 3.25** Pencampuran Bahan Barium Heksaferrit

2. Dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sampel : alkohol : *ball charge* adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) 30 menit.
3. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  dan didapatkan serbuk prekursor BaM seperti pada Gambar 3.26.



**Gambar 3.26** Prekursor BaM



4. Prekursor BaM kemudian dikalsinasi pada temperatur  $950^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BaM seperti pada Gambar 3.27.



**Gambar 3.27** BaM yang Sudah Dikalsinasi

#### 3.5.1.3 Pembuatan Cetakan

1. Untuk cetakan uji absorpsi suara terbuat dari seng dengan diameter 110 mm dan tinggi 20 mm
2. Untuk cetakan uji VNA terbuat dari seng dengan ukuran 20x15x15 mm

#### 3.5.1.4 Pembuatan Komposit

1. Menimbang massa *silicone rubber*, hexane, dan NaCl sesuai rasio yang telah ditentukan
2. Menimbang massa *filler* sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan
3. *Filler* yang telah ditimbang lalu dimasukkan ke dalam campuran *silicone rubber*, hexane, dan NaCl sesuai dengan rasio yang telah ditentukan, kemudian diaduk hingga homogen
4. Menambahkan katalis sebanyak 2%
5. Memanaskan pada  $30^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam untuk menguapkan hexane.
6. Membiarkan hingga *curing*.
7. Merendam hasilnya pada air hangat untuk melarutkan NaCl.



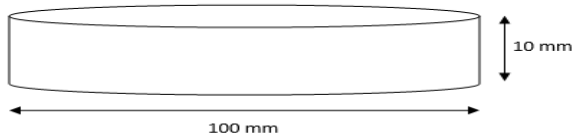
8. Melakukan *drying* pada 100°C untuk menghilangkan sisa air.
9. Spesimen dikeluarkan dari cetakan
10. Spesimen disesuaikan dimensinya dengan standar pengujian.

### 3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

#### 3.5.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara

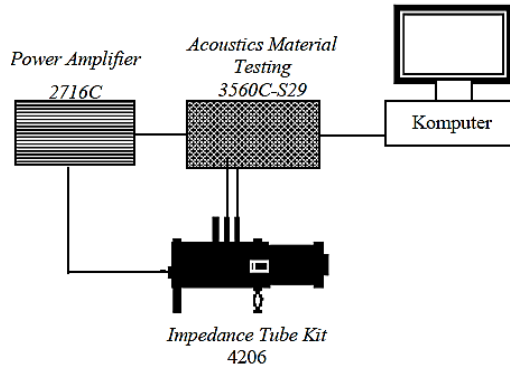
Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien absorpsi suara adalah tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100 mm dan tinggi 10 mm seperti pada Gambar 3.28 :



**Gambar 3.28** Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara

Gambar 3.29 menunjukkan rangkaian alat tabung impedansi untuk mengukur uji penyerapan suara





**Gambar 3.29** Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara

Rangkaian alat terdiri dari:

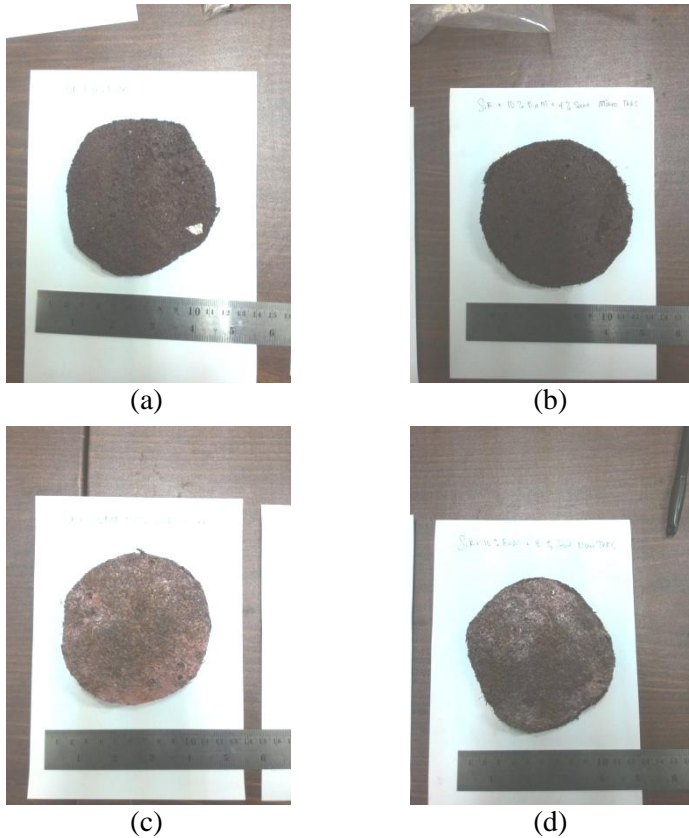
1. *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
2. *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
3. *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
4. *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian

Pengujian absorpsi suara bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material menyerap suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dari harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0 maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1 maka 100 % bunyi yang datang diserap oleh material tersebut.

Prinsip pengujian koefisien absorpsi suara adalah spesimen yang berbentuk tabung dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.



Spesimen uji absorpsi suara dibuat dengan cetakan seng dengan ukuran diameter 110 mm dan tebal 20 mm yang ditunjukkan oleh Gambar 3.30

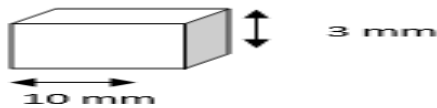


**Gambar 3.30** Spesimen Komposit Uji Absorpsi Suara (a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS



### 3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM digunakan untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm. Gambar 3.31 menunjukkan dimensi spesimen SEM.

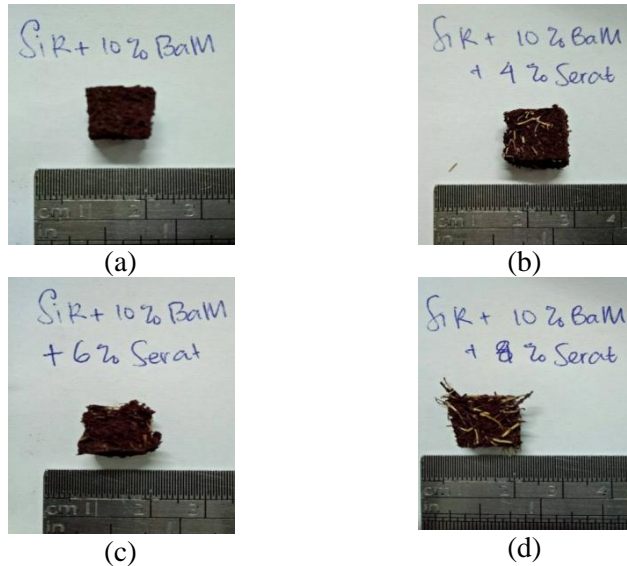


**Gambar 3.31** Dimensi Spesimen SEM

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan hamburan elektron yang ditangkap oleh detektor sehingga dapat membentuk suatu gambar yang nampak seperti 3 dimensi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan berupa lembaran yang dilengketkan pada holder dengan menggunakan selotip karbon double tape. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis autofine-coater JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20). Lalu, sampel dimasukkan dalam specimen chamber pada alat SEM. Perbesaran yang digunakan adalah 50-250 kali. Untuk mengurangi *noise* pada gambar digunakan SmartScan <sup>TM</sup>.

Prinsip kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan. Pembuatan spesimen SEM

diambil dari sisa spesimen uji absorsi suara kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar. Gambar 3. 32 Menunjukkan dimensi dari spesimen komposit uji SEM.



**Gambar 3.32** Spesimen Komposit Uji SEM (a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS

### 3.5.2.3 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standar ASTM D792. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi suara. Perhitungannya adalah dengan mencari *specific gravity* terlebih dahulu yaitu dengan cara sebagai berikut:

$$\text{sp gr } 23/23^{\circ}\text{C} = a/(a + w - b) \quad (3.1)$$

Dimana:

$a$  = masa spesimen, tanpa wire atau sinker di udara

$b$  = massa spesimen, saat tercelup semua ke dalam larutan



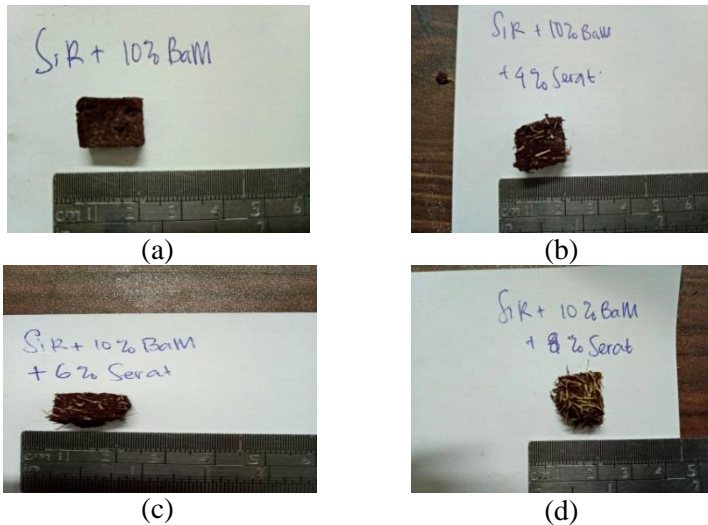
sp gr= Specific Gravity

w = massa total sinker atau wire yang tercelup

setelah mendapat *specific gravity*, kita dapat menghitung densitas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D^{23C}(g/cm^3) = sp\ gr\ 23/23^{\circ}C \times 0,9975 \quad (3.2)$$

Gambar 3.33 menunjukkan dimensi dari spesimen komposit uji densitas.



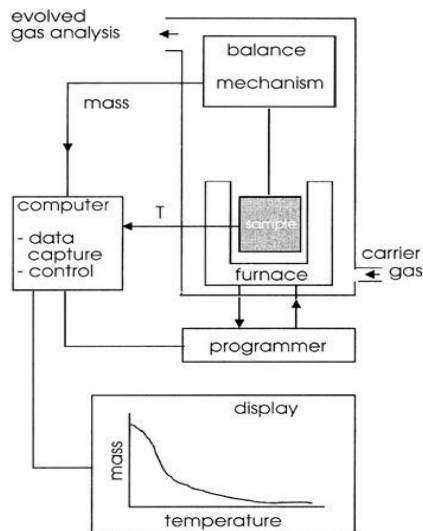
**Gambar 3.33** Spesimen komposit uji Densitas (a) SiR+ 10%BaM, (b) SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS

#### 3.5.2.4 Pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Pengujian TGA dengan menggunakan alat TGA LINESIS milik Laboratorium Terpadu FMIPA UNESA. *Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah alat pengukuran perubahan massa yang terjadi akibat dari perubahan temperatur. TGA dapat digunakan

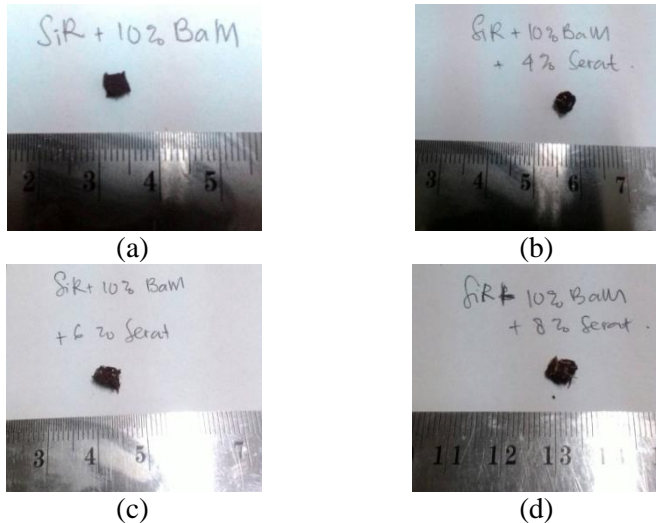


untuk mendeteksi perubahan massa sampel (*weight loss*). Analisa tersebut bergantung pada tiga pengukuran yaitu berat, temperatur, dan perubahan temperatur. Analisa termal gravimetri merupakan metode analisis yang menunjukkan sejumlah urutan dari lengkungan termal, kehilangan berat dari bahan setiap tahap, dan temperatur awal penurunan. Analisa termal gravimetric dilakukan untuk menentukan kandungan pengisi dan kestabilan termal dari suatu bahan. Metode TGA ini mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari suhu kamar sampai suhu tinggi yang biasanya sekitar  $900^{\circ}\text{C}$ . Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro didalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan disajikan dalam tampilan grafik. Skema uji TGA ditunjukkan pada Gambar 3.34.



**Gambar 3.34** Skema Uji TGA

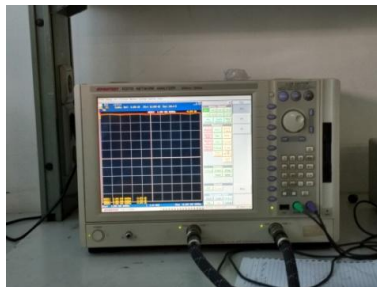
Pembuatan spesimen TGA diambil dari sisa spesimen uji absorpsi suara kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar. Gambar 3.34 Menunjukkan spesimen komposit uji TGA.



**Gambar 3.35** Spesimen Uji TGA(a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS

### 3.5.2.5 Pengujian VNA

Pengujian VNA digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10 MHz sampai 110 GHz. Pengukuran VNA dilakukan di Laboratorium Puspitek Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Bandung dengan alat yang ditunjukkan oleh Gambar 3.35.



**Gambar 3.36** Vector Network Analyzer(VNA)



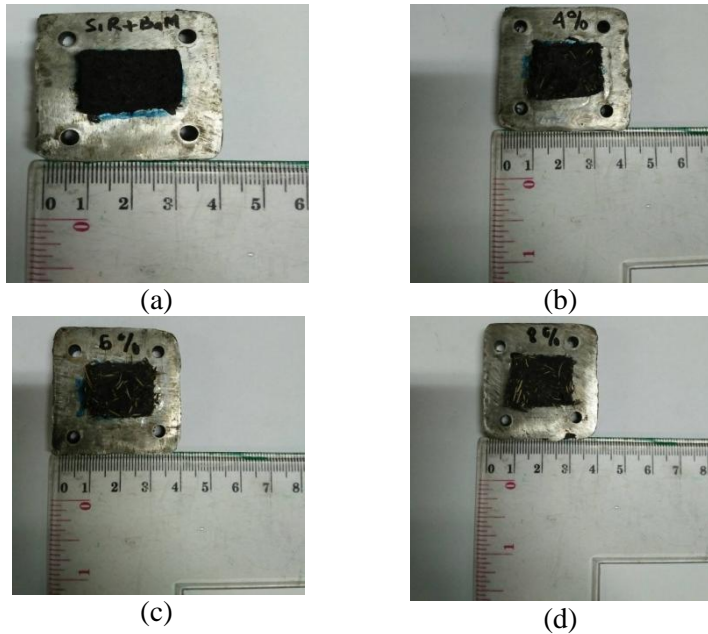
Pada percobaan ini rentang frekuensi yang digunakan di kawasan X-band yaitu 8-12 GHz. Mekanisme pengambilan data VNA adalah dengan cara menembakkan gelombang elektromagnetik dengan alat pembangkit gelombang dengan range frekuensi X-Band melalui *waveguide* kemudian gelombang tersebut diteruskan dan diinterpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik. Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal ( $S_{11}$ ) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal ( $S_{21}$ ) (Nuraini, 2015).

Berikut langkah-langkah pada pengujian VNA (National Instruments, 2012)

1. Menyiapkan material komposit yang telah dilapiskan pada pelat baja dengan ukuran  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  untuk pengukuran reflektifitas.
2. Melakukan preset jaringan analyzer dan sampel yang akan diuji.
3. Mengatur parameter sumber, termasuk frekuensi, daya dan format tampilan.
4. Kalibrasi manual atau menggunakan kalibrasi otomatis.
5. Meletakkan sampel di atas adaptor VNA (ukuran lubang  $1 \times 2 \text{ cm}^2$ ).
6. Melakukan pengukuran rugi refleksi ( $R_L$ ) pada sampel dengan menggunakan jaringan analyzer ADV ANTEST R3770 dalam rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz.

Hasil yang diperoleh berupa grafik perbandingan frekuensi X-Band 8-12 GHz terhadap data  $S_{11}$  sebagai rugi refleksi (dB). Gambar 3.36 Menunjukkan spesimen uji VNA komposit .





**Gambar 3.37** Spesimen Komposit Uji VNA(a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c) SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat TKKS

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini merupakan pembuatan komposit serat alam menggunakan *silicone rubber* sebagai matriks dan serat tandan kosong kelapa sawit serta barium heksaferrit sebagai *filler* kemudian dilakukan analisa dari hasil pengujiannya untuk mengetahui morfologi, koefisien serap suara dan gelombang mikro serta stabilitas termal dari komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit.

#### **4.1 Hasil Preparasi *Filler* Komposit**

##### **4.1.1 Hasil Preparasi Barium Heksaferrit**

Gambar 4.1 menunjukkan hasil preparasi Barium Heksaferrit yang berbentuk serbuk berwarna merah bata kehitaman. Serbuk prekursor BaM didapatkan dari hasil pembuatan BaM. Serbuk BaM dibuat dengan metode *solid state*. Pembuatan serbuk BaM diawali dengan pencampuran serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan  $\text{BaCO}_3$  dan ditambahkan dengan serbuk Zn sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam *jar milling* kemudian dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sampel : alkohol : *ball charge* adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (pause) 30 menit. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  dan didapatkan serbuk prekursor BaM. Serbuk prekursor BaM kemudian dikalsinasi pada temperatur  $950^\circ\text{C}$  selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BaM.



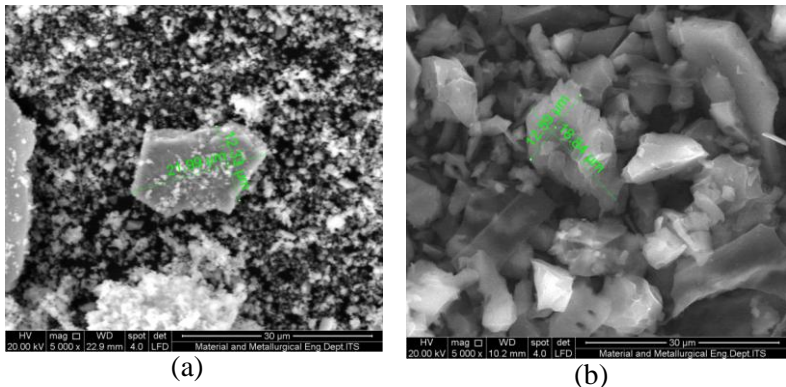
**Gambar 4.1** BaM yang Sudah Dikalsinasi



Serbuk BaM yang didapatkan kemudian dianalisa untuk mengetahui morfologi, senyawa yang terbentuk dan unsur yang ada pada Barium Heksaferrit.

#### 4.1.1.1 Analisa Hasil SEM-EDX Barium Heksaferrit

Pengujian *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray Spectrometri* (SEM-EDX) digunakan untuk mengamati morfologi pada sampel Barium Heksaferrit (BaM). Gambar 4.2.a menunjukkan material Barium Heksaferrit Non Dopping memiliki bentuk partikel *polygonal* atau agregat. Begitu juga dengan Barium Heksaferrit yang di dopping dengan Zn (Gambar 4.2.b) juga memiliki bentuk partikel *polygonal* atau agregat. Seperti dinyatakan oleh (Susmita,2016), material Barium Heksaferrit yang di dopping dengan Zn juga memiliki morfologi seperti agregat karena adanya interaksi antar partikel magneto dipol dengan ukuran partikel  $12,59 \times 18,84 \mu\text{m}$ .

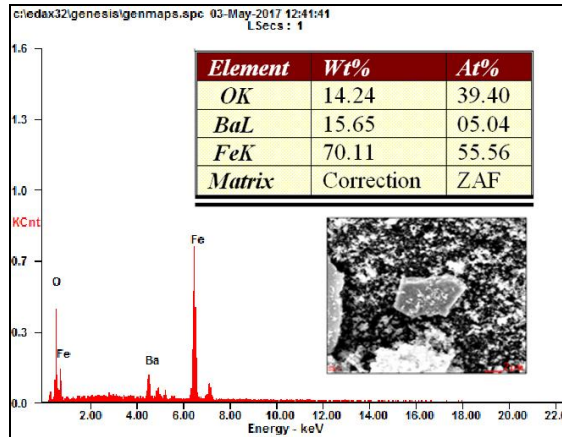


**Gambar 4.2** SEM (a) BaM 5000x dan (b) BaM dopping Zn 5000x

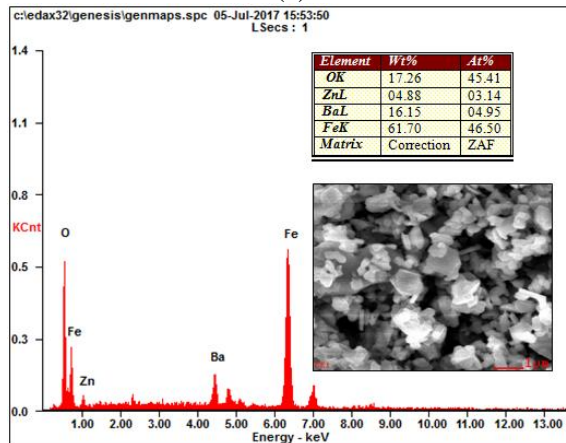
Komposisi partikel dalam material Barium Heksaferrit yang di dopping Zn maupun Non Dopping dianalisa dengan pengujian EDX. Analisa dilakukan pada area tertentu sehingga



didapatkan komposisi secara umum. Hasil pengujian EDX ditunjukkan pada Gambar 4.3.



(a)



(b)

**Gambar 4.3** EDX (a) BaM Non Dopping (b) BaM dopping Zn

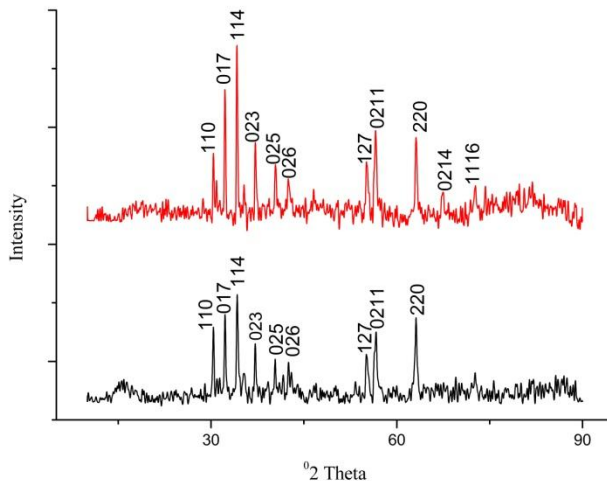
Gambar 4.3 menunjukkan adanya unsur Oksigen (14.24wt%), Barium (15.65wt%) dan Besi (70.11wt%) pada



BaM. Unsur-unsur tersebut didapatkan melalui proses sintesis BaM dari reaksi  $\text{BaCO}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , sedangkan BaM yang didoping Zn memiliki kandungan unsur Oksigen (17,26%), Barium (16,15%), Besi (61,70%) dan Zink (04,88%) yang didapatkan dari reaksi antara  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan Zn pada proses sintesis BaM.

#### 4.1.1.2 Analisa Hasil Pengujian XRD Barium Heksaferrit

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk atau terdapat pada suatu material. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut  $10^\circ$ - $90^\circ$  menggunakan panjang gelombang  $\text{CuK}\alpha$  sebesar 1.54 Å. Pola XRD serbuk BaM Non Doping dan BaM Doping Zn ditunjukkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Pola XRD Barium Heksaferrit Non Doping (Merah) dan Barium Heksaferrit Doping Zn (Hitam)

Gambar 4.4 menunjukkan pola grafik yang hampir sama pada kedua sampel, hal ini mengindikasikan setiap sampel terbentuk

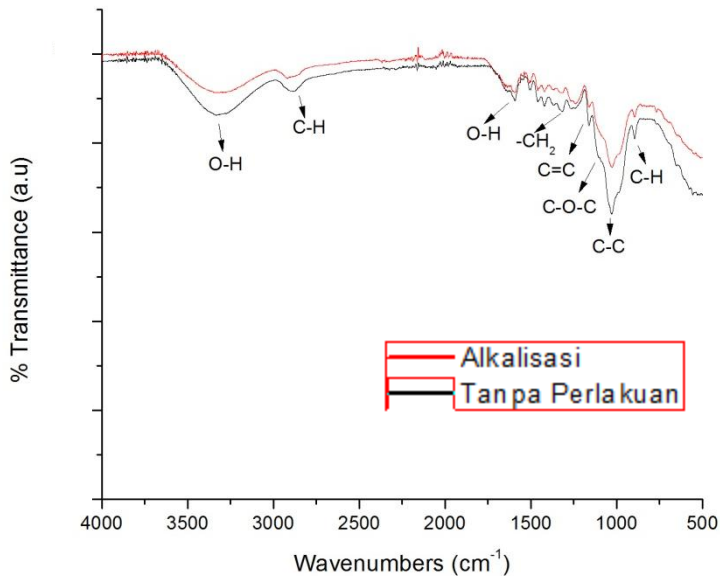


fasa yang sama. Fasa utama yang terindikasi adalah fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (PDF#43-0002). Material BaM non doping dan material BaM dengan doping terbentuk fasa tunggal sama, yaitu fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dengan struktur kristal hexagonal (JCPDS 96-100-9034). Pergeseran 3 peak tertinggi pada BaM Non Doping terjadi pada peak  $34.1620^\circ$  menjadi  $34.1546^\circ$ ,  $32.2906^\circ$  menjadi  $32.2492^\circ$  dan  $63.1329^\circ$  menjadi  $63.1173^\circ$ . Pergeseran ini menandakan terjadinya substitusi ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang mengganggu struktur kristal dari Barium Heksaferrit. Substitusi Zn juga ditandai oleh intensitas peak Barium Heksaferrit doping Zn yang lebih rendah dibandingkan Barium Heksaferrit Non Doping. Pengurangan intensitas peak tersebut menunjukkan pengaruh penambahan unsur Zn dapat mengurangi pembentukan fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (Nia, 2016). Pergeseran posisi 2-theta mengindikasikan adanya perubahan struktur kristal (Ilham, 2016). Untuk puncak difraksi  $\text{BaFe}_{11-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$  mengalami pergeseran puncak 2-theta mengindikasikan bahwa ion  $\text{Zn}^{2+}$  yang masuk ke kisi  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  secara substitusi.

#### **4.1.2 Hasil Preparasi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit**

Penelitian ini menggunakan serat tandan kosong kelapa sawit yang dialkalisasi. Proses alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan lignin pada serat tandan kosong kelapa sawit.

Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (STKKS) mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa (Shinoj, 2011). Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian FTIR serat tandan kosong kelapa sawit.



**Gambar 4.5** FTIR Serat TKKS Tanpa Perlakuan dan Alkalisasi

Puncak pada *wavenumber* antara  $3000$  dan  $3500\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan ikatan O-H mengalami peregangan akibat pengaruh alkalisasi. Alkalisasi mengurangi ikatan hidrogen karena gugus hidroksil bereaksi dengan sodium hidroksida yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi  $\text{OH}^-$  jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan (Lojewska, 2005). Puncak serapan sekitar  $2900\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan gugus alifatik C-H (B. Shanmugarajah, 2015). Ikatan  $\text{OH}$  deformasi pada daerah serapan sekitar  $1590\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan penyerapan air oleh selulosa (Lojewska, 2005). Daerah serapan sekitar  $1420\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_2$  yang berdeformasi dalam selulosa. Daerah ini menunjukkan area kristalin, dimana daerah serapan akan meningkat seiring dengan proses pemurnian (L. Alves, 2014). Ikatan C-O-C yang mengalami peregangan didapat pada daerah resapan sekitar  $1161\text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak sekitar  $1027\text{ cm}^{-1}$



menunjukkan ikatan C-C yang mengalami peregangan. Puncak pada daerah serapan sekitar  $896\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C-H deformasi (Shanmugarajah, 2015). Lignin ditunjukkan oleh adanya peak pada rentang  $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$  dengan gugus aromatik C=C. Pada rentang  $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ , masih terdapat peak dengan intensitas berkurang yang mengindikasikan perlakuan alkali kurang optimal sehingga tidak menghilangkan lignin seluruhnya namun hanya mengurangi kadar dari lignin (Hongchang, 2015). Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dari uji FTIR ini serat tandan kosong kelapa sawit dialkalisasi secara kurang optimal dengan masih menyisakan sebagian kadar lignin yang ditunjukkan dengan masih terdapatnya peak pada rentang  $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$  yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

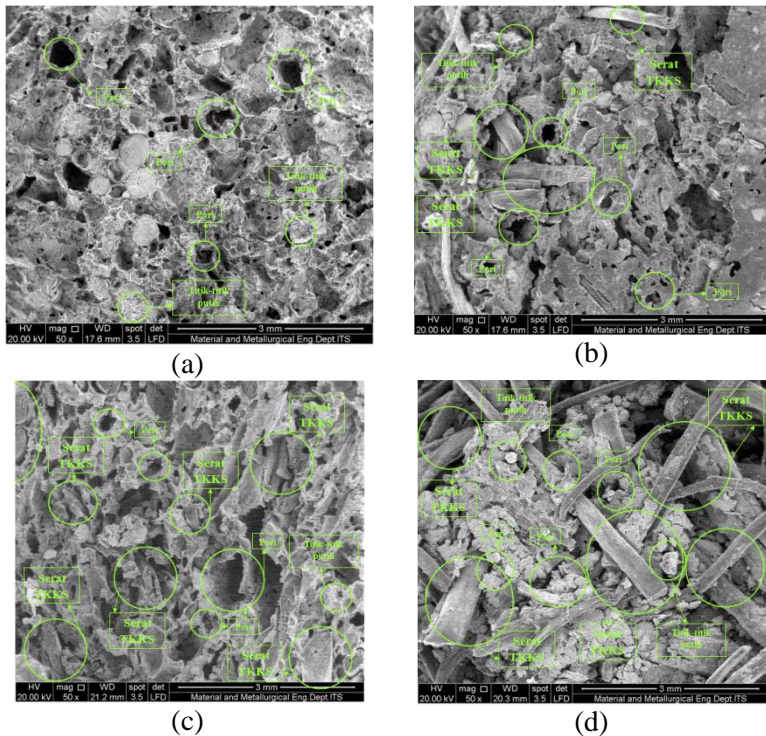
**Tabel 4.1** Daerah Serapan Infra Merah Serat TKKS Tanpa Perlakuan dan Alkalisasi

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
Washed	Alkali	
3322,84	3333,30	O-H <i>stretching</i>
2918,62	2884,83	C-H <i>stretching</i>
1593,46	1592,74	O-H deformasi
1420,29	1420,32	-CH <sub>2</sub> deformasi
1238,97	1264,50	C=C cincin aromatik
1161,32	1161,69	C-O-C <i>stretching</i>
1027,49	1028,63	C-C <i>stretching</i>
895,52	895,57	C-H deformasi

#### 4.2 Analisa Morfologi Komposit

Morfologi dari komposit *silicone rubber*/barium heksaferit/serat mikro tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan dengan fotomikrografi *Scanning Electron Microscope*. Pengujian morfologi ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Departemen Teknik Material FTI ITS.

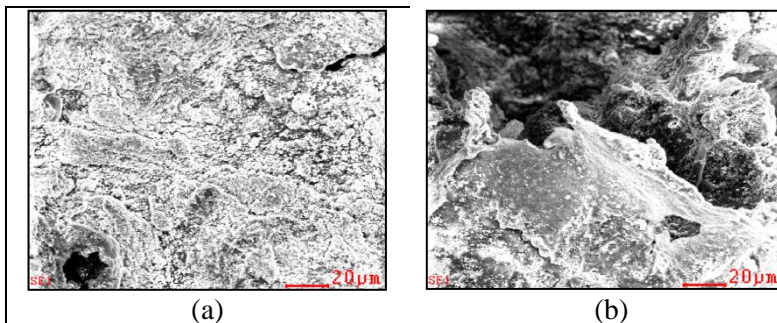




**Gambar 4.6** Struktur mikro komposit dengan perbesaran 50x  
(a) SiR+ 10% BaM, (b) SiR+ 10% BaM+ 4% Serat TKKS, (c)  
SiR+ 10% BaM+ 6% Serat TKKS, (d) SiR+ 10% BaM+ 8% Serat  
TKKS.

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *Silicone rubber*/barium heksaferrite/ serat tandan kosong kelapa sawit pembesaran 50x. Morfologi yang tampak pada Gambar 4.6 berupa pori, serat, matriks *silicone rubber* dan titik titik putih yang tersebar. Gambar 4.6(a) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang relatif banyak dengan ukuran yang berbeda-beda. Gambar 4.6(b) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber*

dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 4% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori lebih sedikit dan ukurannya yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit. Gambar 4.6(c) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 6% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang lebih sedikit dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan komposit komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 4% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Gambar 4.6(d) menunjukkan hasil pengujian SEM komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 8% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Komposit ini memiliki jumlah pori yang lebih sedikit dan ukuran yang lebih kecil dibandingkan komposit *silicone rubber* dengan komposisi pengisi 10% barium heksaferrit dan 6% serat mikro tandan kosong kelapa sawit. Penambahan filler mengakibatkan ukuran pori tidak beraturan dan cenderung mengecil. Hal ini dikarenakan penambahan filler menyebabkan pori terdeformasi (Chen, 2012).



**Gambar 4.7** Morfologi Titik-Titik Putih Komposit *Silicone rubber*/Barium Heksaferrit/Serat TKKS (a) Banyak Titik-Titik Putih, (b) Sedikit Titik-Titik Putih.



Gambar 4.7 menunjukkan morfologi titik titik putih komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit. Gambar 4.7 (a) menunjukkan daerah yang banyak titik-titik putih dan (b) menunjukkan daerah yang memiliki sedikit. Pengujian EDX dilakukan untuk mengetahui persentase unsur pada kedua daerah. Unsur penyusun bariumheksaferrit adalah Ba,Fe,O, dan Zn. Keseluruhan unsur penyusun tersebut memberikan warna putih pada pengujian EDX. Unsur penyusun memiliki komposisi yang lebih banyak pada Gambar 4.9(a). Unsur penyusun memiliki komposisi yang lebih sedikit pada Gambar 4.8(b). Warna gelap pada hasil pengujian EDX merupakan unsur-unsur yang bukan pembentuk barium heksaferrite. Unsur-unsur tersebut adalah Na, Cl, Si, dan C.

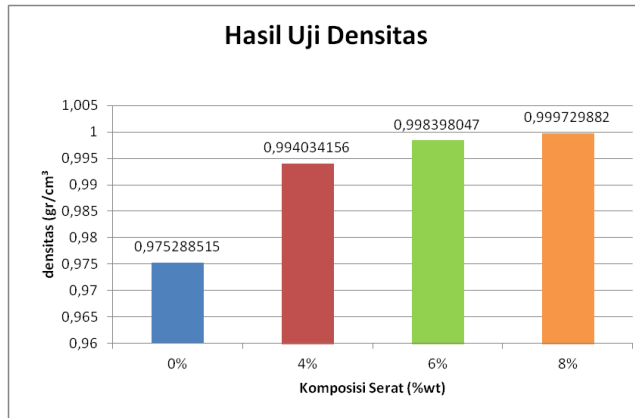
### 4.3 Analisa Densitas Komposit

Penghitungan densitas komposit dilakukan sesuai standar ASTM D792 dengan media air. Tabel 4.2 menunjukkan nilai massa jenis pada komposit *Silicone rubber* berpenguat barium heksaferrit dan serat tandan kosong kelapa sawit.

**Tabel 4.2** Massa Jenis Komposit

Spesimen	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
<i>Silicone rubber</i> + 10% BaM	0,975288515
SiR+10% BaM+4% Serat mikro TKKS	0,994034156
SiR+10% BaM +6% Serat mikro TKKS	0,998398047
SiR+10% BaM +8% Serat mikro TKKS	0,999729882

Tabel 4.2 menunjukkan massa jenis komposit *Silicone rubber* + 10% BaM sebesar 0,975288515 gr/cm<sup>3</sup>, komposit SiR+10% BaM+4% Serat mikro TKKS sebesar 0,994034156 gr/cm<sup>3</sup>, komposit SiR+10% BaM+6% Serat mikro TKKS sebesar 0,998398047 gr/cm<sup>3</sup>, dan komposit SiR+10% BaM+8% Serat mikro TKKS sebesar 0,999729882 gr/cm<sup>3</sup>.



**Gambar 4.8** Pengaruh Penambahan Filler Terhadap Densitas Komposit

Gambar 4.8 menunjukkan pengaruh penambahan serat mikro TKKS terhadap komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit. Semakin banyak serat yang ditambahkan densitas dari komposit semakin meningkat, hal ini disebabkan karena massa jenis serat TKKS lebih besar dari massa jenis *silicone rubber*. Penambahan filler yang memiliki massa jenis lebih besar dari pada matriks menyebabkan densitas komposit menjadi lebih besar (Yusuf dan Farid ,2016). Hasil uji SEM komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit menunjukkan penambahan serat akan menyebabkan tertutupnya pori pada komposit sehingga kerapatan dari komposit semakin besar. Dengan semakin besarnya kerapatan komposit maka densitas komposit akan semakin besar.

#### 4.4 Analisa Koefisien Serap Suara

Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Akustik Departemen Teknik Fisika FTI-ITS. Metode yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan standar ASTM



E1050 mengenai pengujian material akustik. Perangkat yang digunakan dalam pengujian ini meliputi : dua mikrofon, amplifier, tabung impendansi B&K 4206, pulse multi analyzer, dan laptop. Cara kerjanya, spesimen diletakkan didalam tabung impendansi dengan posisi melintang dengan disangga plastisin. Kemudian mensetting frekuensi yang ingin dikeluarkan oleh sound source. Gelombang yang datang akan diterima oleh mikrofon 1, diserap oleh permukaan spesimen, dan ditangkap kembali oleh mikrofon 2. Hasil dari gelombang yang datang dan tertangkap oleh mikrofon kemudian dianalisa untuk mendapatkan *Frequency Response Function*. Perhitungan nilai koefisien absorpsi suara menggunakan perangkat lunak Pulse v6. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Semakin besar nilai  $\alpha$ , maka penyerapan dan redaman bunyinya semakin baik. Nilai  $\alpha$  berkisar antara 0 hingga 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, berarti bunyi tidak diserap sedangkan. Jika  $\alpha$  bernilai lebih dari 0 tetapi kurang dari 1, berarti sebagian bunyi diserap dan sebagian dipantulkan atau diteruskan. Jika  $\alpha$  bernilai 1, berarti bunyi diserap seluruhnya.

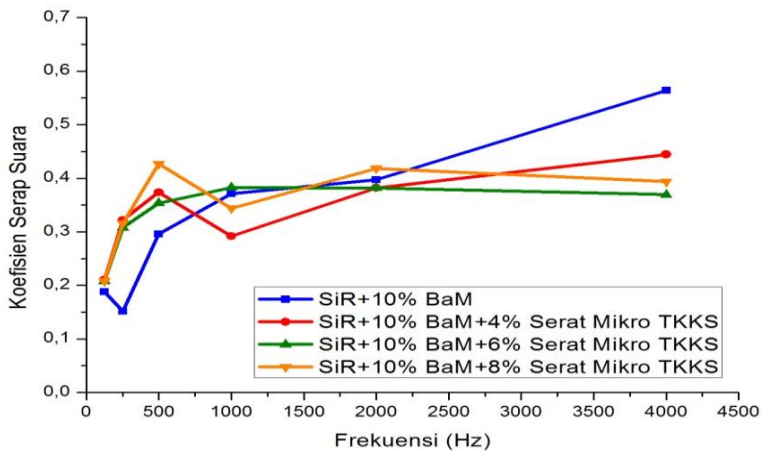
Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian absorpsi suara komposit /barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit.



**Tabel 4.3** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit

Frekuensi (Hz)	Komposisi Pengisi			
	10% BaM	10% BaM+4% Serat Mikro TKKS	10% BaM+6% Serat Mikro TKKS	10% BaM+8% Serat Mikro TKKS
125	0,1879	0,2102	0,2075	0,2082
250	0,1513	0,3217	0,3078	0,3162
500	0,2955	0,3737	0,3535	0,4267
1000	0,3711	0,2917	0,3829	0,3440
2000	0,3976	0,3821	0,3820	0,4184
4000	0,5638	0,4444	0,3692	0,3936

Tabel 4.3 menunjukkan nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi setiap spesimen berbeda-beda. Menurut Farid dan Sultoni (2016), hal ini disebabkan karena perbedaan dari komposisi spesimen yang menyebabkan perbedaan kerapatan ataupun ketidakhomogenan spesimen, ketidakhomogenan tersebut disebabkan karena tidak meratanya sebaran serat sehingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi suara spesimen.



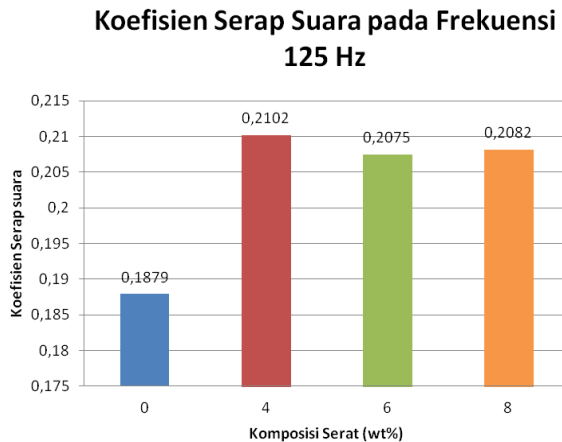
**Gambar 4.9** Nilai Koefisien Serap Suara

Gambar 4.9 menunjukkan perbedaan nilai koefisien serap suara pada masing-masing spesimen. Penambahan serat pada spesimen menyebabkan nilai  $\alpha$  yang berbeda. Akan tetapi tetap menunjukkan karakteristik penyerapan suara dengan jenis penyerap berpori. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan semakin naiknya nilai absorpsi suara yang menandakan bahwa material tersebut merupakan *porous absorber* (Howard, 2009). Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penambahan filler menyebabkan turunnya nilai koefisien absorpsi suara. Nilai koefisien absorpsi suara komposit SiR+ 10%BaM, SiR+ 10%BaM+ 4% Serat TKKS, SiR+ 10%BaM+ 6% Serat TKKS, SiR+ 10%BaM+ 8% Serat TKKS pada frekuensi 4000 Hz berturut turut adalah 0,5638; 0,4444; 0,3692 dan 0,3936. Hal ini dikarenakan penyerapan suara pada frekuensi tinggi baik untuk material dengan kerapatan yang rendah (banyak pori).

Nilai koefisien absorpsi suara dipengaruhi oleh densitas material. Semakin tinggi nilai densitasnya maka nilai koefisien absorpsi suara akan semakin rendah (Elvaswer, 2011). Hal ini juga tidak terlepas dari banyaknya pori yang terbentuk. Dengan



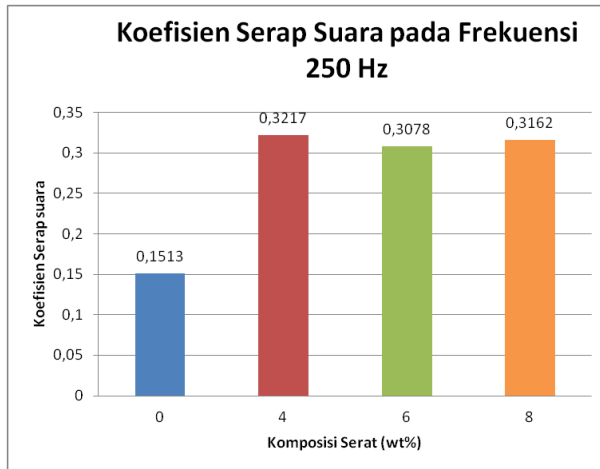
meningkatnya porositas pada komposit, maka nilai penyerapan suara akan meningkat (Nandanwar, 2017). Oleh karena itu, SiR + 10%BaM memiliki nilai koefisien absorpsi suara tertinggi sebesar 0,5638 karena memiliki nilai densitas terendah dan jumlah pori yang paling banyak(dibuktikan pada hasil SEM).



**Gambar 4.10** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 125 Hz

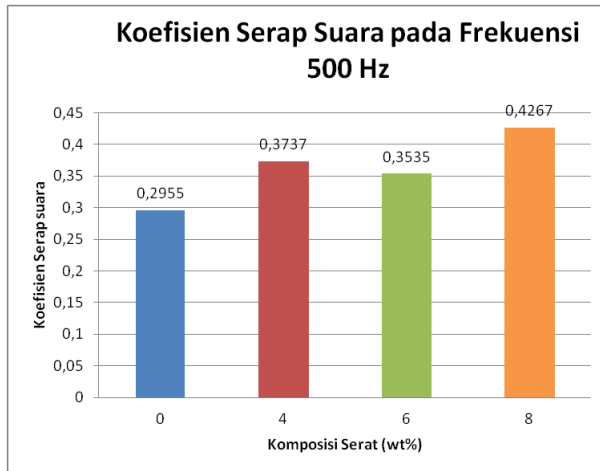
Gambar 4.10 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 125 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 125 Hz adalah pada komposisi serat 4% dengan nilai 0,2102, kemudian pada komposisi serat 8% dengan nilai 0,2082. Pada komposisi serat 6% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,2075 dan pada komposisi tanpa serat sebesar 0,1879.





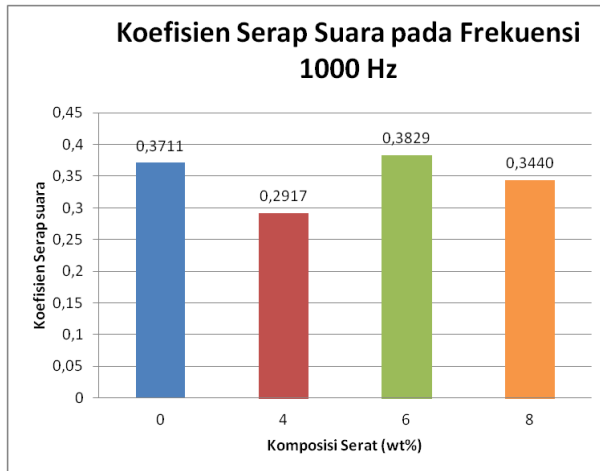
**Gambar 4.11** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 250 Hz

Gambar 4.11 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 250 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 250 Hz adalah pada komposisi serat 4% dengan nilai 0,3217, kemudian pada komposisi serat 8% dengan nilai 0,3162. Pada komposisi serat 6% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,3078 dan pada komposisi tanpa serat sebesar 0,1513.



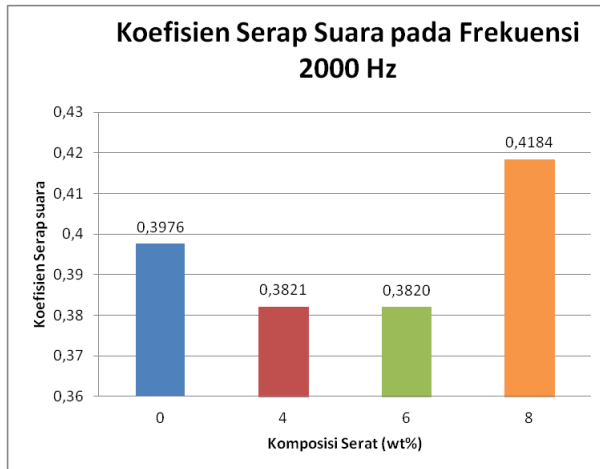
**Gambar 4.12** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 500 Hz

Gambar 4.12 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 500 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 500 Hz adalah pada komposisi serat 8% dengan nilai 0,4267, kemudian pada komposisi serat 6% dengan nilai 0,3737. Pada komposisi serat 6% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,3535 dan pada komposisi tanpa serat sebesar 0,2955.



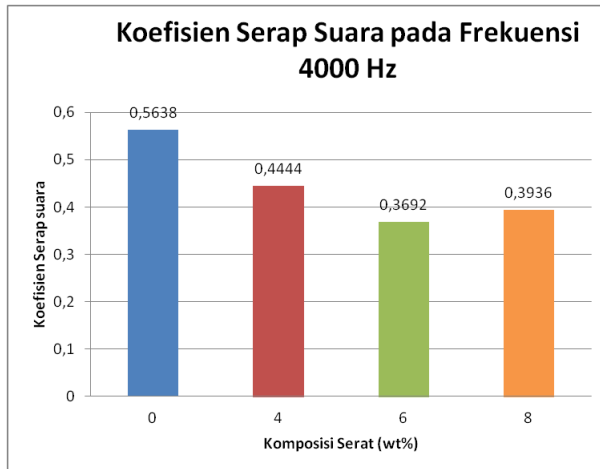
**Gambar 4.13** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 1000 Hz

Gambar 4.13 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 1000 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 1000 Hz adalah pada komposisi serat 6% dengan nilai 0,3829, kemudian pada komposisi tanpa serat dengan nilai 0,3711. Pada komposisi serat 8% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,3440 dan pada komposisi 4% serat sebesar 0,2917.



**Gambar 4.14** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 2000 Hz

Gambar 4.14 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 2000 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 2000 Hz adalah pada komposisi serat 8% dengan nilai 0,4184, kemudian pada komposisi tanpa serat dengan nilai 0,3976. Pada komposisi serat 4% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,3821 dan pada komposisi 6% serat sebesar 0,3820.



**Gambar 4.15** Nilai Koefisien Serap Suara Komposit Frekuensi 4000 Hz

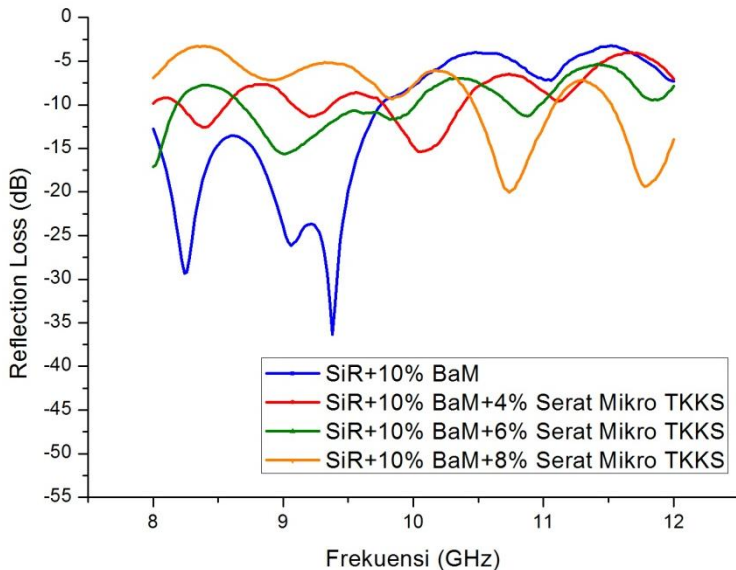
Gambar 4.15 menunjukkan nilai koefisien serap suara masing-masing spesimen pada frekuensi 4000 Hz. Nilai koefisien serap suara paling baik pada frekuensi 4000 Hz adalah pada komposisi tanpa serat dengan nilai mencapai 0,5638, kemudian pada komposisi serat 4% dengan nilai 0,4444. Pada komposisi serat 8% memiliki nilai koefisien serap suara sebesar 0,3692 dan pada komposisi 6% serat sebesar 0,3936.

Semakin besar penyerapan suara suatu spesimen bukan berarti bahwa spesimen tersebut bagus karena tergantung dari kegunaannya pada frekuensi tertentu, koefisien absorpsi berhubungan dengan kondisi lingkungan. Semakin besar suatu spesimen menyerap suara misalnya 1 maka suara dalam suatu ruangan akan langsung hilang tanpa ada pemantulan tetapi jika penyerapan suaranya rendah maka suara akan bergema atau dipantulkan dengan waktu dengung yang lama sampai dengung tersebut hilang sehingga suatu bahan penyerap suara yang bagus atau tidak ditentukan dari kegunaannya pada frekuensi tertentu (Farid dan Agung, 2015).



#### 4.5 Analisa VNA

Pengujian Vector Network Analyzer (VNA) ditujukan untuk mengukur nilai rugi refleksi material komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/ serat tandan kosong kelapa sawit. Alat yang digunakan adalah analyzer ADV ANTEST R3770 dengan rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz. Mekanisme pengambilan data VNA adalah gelombang elektromagnetik ditembakkan dengan alat pembangkit gelombang pada range frekuensi X-Band melalui *waveguide* kemudian gelombang tersebut diteruskan dan di interpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik.



**Gambar 4.16** Grafik Hasil Uji VNA

Gambar 4.16 menunjukkan nilai rugi refleksi masing-masing komposit. Nilai rugi refleksi komposit SiR+10% BaM terbesar adalah -36,3 dB pada frekuensi 9,38 GHz. Nilai rugi refleksi terbesar pada komposit SiR+10% BaM+4% Serat Mikro TKKS



adalah -15,4 dB pada frekuensi 10 GHz. Pada komposit SiR+10% BaM+6% Serat Mikro TKKS memiliki nilai rugi refleksi terbesar adalah -17 ,1 dB pada frekuensi 8 GHz, dan nilai rugi refleksi terbesar komposit SiR+10% BaM+8% Serat Mikro TKKS adalah -20 dB pada frekuensi 10,7 GHz.

Penurunan nilai Nilai negatif pada *reflection loss* menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro, dimana semakin besar nilai negatif *reflection loss* maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Wijaya dan Pintowantoro, 2012).

Penambahan serat tandan kosong kelapa sawit pada sampel menyebabkan nilai rugi refleksi komposit silicone rubber/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit menurun. Penurunan nilai rugi refleksi tersebut disebabkan oleh serat tandan kosong kelapa sawit yang merupakan isolator. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

#### 4.6 Analisa TGA

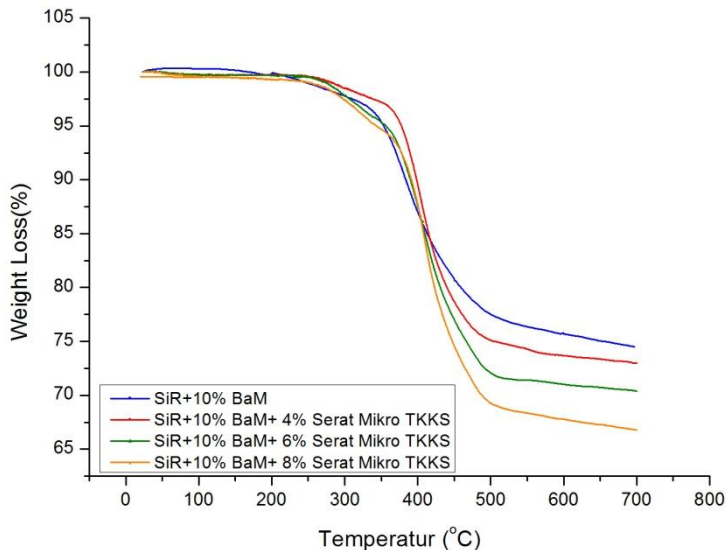
Pengujian TGA ditujukan untuk mengetahui degradasi material karena dikenakan kenaikan temperatur. Hasil dari TGA dapat digunakan untuk menyatakan batas temperatur kerja dari material sebelum mengalami degradasi. Temperatur pemanasan yang digunakan adalah 26 – 700 °C dengan laju pemanasan 10° C/menit. Pengujian TGA dilakukan di Laboratorium Terpadu FMIPA UNESA dengan alat uji TGA LINESIS

Gambar 4.17 menunjukkan kurva *thermogravimetric analysis* (TGA) dari variasi komposisi komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat tandan kosong kelapa sawit. Kurva *thermogravimetric analysis* (TGA) dari variasi komposisi komposit menunjukkan penurunan presentase massa terhadap



kenaikan temperatur.  $T_5$  didapatkan dari penurunan presentase massa tepat saat massa dari komposit berkurang 5% atau bersisa 95%.  $T_5$  menunjukan awal terjadinya dekomposisi suatu material polimer (Park dkk., 2004).

Gambar 4.17 menunjukan titik  $T_5$  dari variasi komposisi komposit *silicone rubber*/barium heksaflorit/serat tandan kosong kelapa sawit. Komposit SiR+10% BaM mengalami penurunan massa 5% atau titik  $T_5$  pada temperatur 353,5°C. Komposit SiR+10% BaM+4% Serat TKKS mengalami penurunan massa 5% atau titik  $T_5$  pada temperatur 377,5°C. Komposit SiR+10% BaM+6% Serat TKKS mengalami penurunan massa 5% atau  $T_5$  pada temperatur 356,2°C. Komposit SiR+10% BaM+8% Serat TKKS mengalami penurunan massa 5% atau  $T_5$  pada temperatur 342,7°C.  $T_{maks}$  adalah temperatur maksimal akhir terjadinya deformasi material.



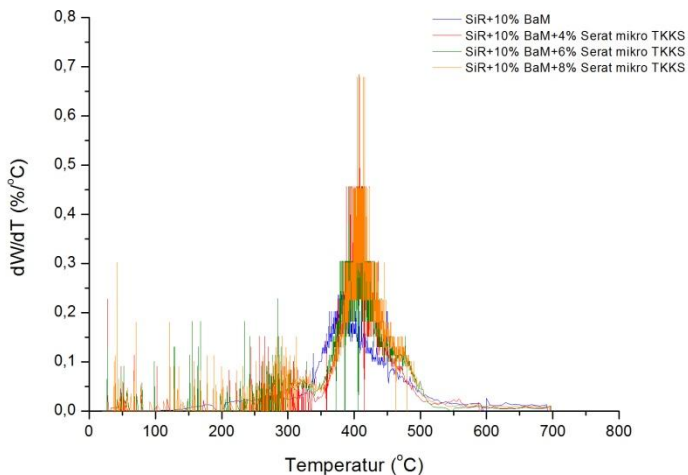
**Gambar 4.17** Kurva Uji TGA





Gambar 4.18 menunjukkan kurva *Derivative Thermo - gravimetric* (DTG) dari variasi komposisi komposit *silicone rubber*/barium heksafrit/serat tandan kosong kelapa sawit. Kurva *Derivative Thermogravimetric* (DTG) dari variasi komposisi komposit *silicone rubber*/barium heksafrit/serat tandan kosong kelapa sawit menunjukkan penurunan presentase massa per temperatur terhadap kenaikan temperatur. Temperatur akhir terjadinya dekomposisi polimer ditunjukkan oleh temperatur maksimum penurunan presentase massa per temperatur terhadap kenaikan temperatur yang disebut  $T_{maks}$ .

Gambar 4.18 menunjukkan komposit SiR+10% BaM mengalami  $T_{maks}$  pada temperatur  $377,3^{\circ}\text{C}$ , komposit SiR+10% BaM mengalami  $T_{maks}$  pada temperatur  $407,9^{\circ}\text{C}$ , komposit SiR+10% BaM mengalami  $T_{maks}$  pada temperatur  $392,1^{\circ}\text{C}$ , komposit SiR+10% BaM mengalami  $T_{maks}$  pada temperatur  $405^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 4.18** Grafik DTA



**Tabel 4.4** Data  $T_5$  dan  $T_{maks}$  Spesimen

Spesimen	$T_5$ (°C)	$T_{maks}$ (°C)
SiR+10% BaM	353,5	377,3
SiR+10% BaM+4% Serat TKKS	377,5	407,9
SiR+10% BaM+6% Serat TKKS	356,2	392,1
SiR+10% BaM+8% Serat TKKS	342,7	405

Tabel 4.4 menunjukan  $T_5$  dan  $T_{maks}$  dari variasi komposisi komposit *silicone rubber*/barium heksaferrit/serat Tandan kosong kelapa sawit. Komposit SiR+10% BaM+4% Serat TKKS memiliki kestabilan temperatur tertinggi dengan  $T_5$  sebesar 377,5 °C jadi komposit SiR+10% BaM+4% Serat TKKS aman digunakan hingga temperatur 377,5 °C.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Nilai koefisien serap suara tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber* +10% BaM sebesar 0,5638 pada frekuensi 4000 Hz.
2. Nilai absorpsi gelombang elektromagnetik tertinggi terdapat pada komposit *Silicone Rubber* +10% baM sebesar -36,3 dB pada frekuensi 9,38 GHz.
3. Morfologi komposit *silicone rubber* berpenguat barium heksaferit dan serat mikro tandan kosong kelapa sawit yang terbentuk berupa pori, serat, matriks *silicon rubber* dan titik titik putih yang tersebar. Penambahan serat akan menyebabkan pori tidak teratur dan semakin kecil.
4. Stabilitas termal terbaik dimiliki oleh material komposit *Silicone Rubber* +10% BaM+4% Serat TKKS.

#### **5.2 Saran**

1. Menambahkan material konduktor untuk meningkatkan nilai absorpsi gelombang elektromagnetik.
2. Spesimen uji dibuat minimal dua buah untuk setiap pengujian agar mendapatkan tren perbandingan pada hasilnya.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alves, Luis, Bruno Medronho, Filipe E. Antunes, Maria P. Fernández-García, João Ventura, João P. Araújo, Anabela Romano, Bjorn Lindman. 2015. "*Unusual Extraction and Characterization of Nanocrystalline Cellulose from Cellulose Derivatives*". Journal of Molecular Liquids. Vol. 210. Hal. 106-112.
- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. "*Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*". Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Amalia L., (2014), "Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)". Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Bruel & Kjaer. 1986. *Noise Control Principles and Practices 2<sup>nd</sup> Edition*. Denmark: Naerum Offset.
- Callister, William D, Jr. 2008. *Materials Science and Engineering: An Introduction 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Castellanos, Marino P.A., Moreno-Borges A.C., Orozco-Melgar G., Garcia J.A., Govea-Alcaide E., (2011), "*Structural and Magnetic Study of The  $Ti^{4+}$ -Doped Barium Hexaferrite Ceramic Samples: Theoretical and Experimental Results*", *Physica B*, Vol.406, Hal.3130–3136.
- Chen Wen Shan, 2012. *Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fiber and Tyre Particles*. Malaysia : UTHM.
- Ciullo, Peter A.. 1996. *Industrial Minerals and Their Uses "A handbook and formulary"*. Noyes Publications
- Doelle, Leslie L. 1993. *Akustik Bangunan*. Jakarta : Erlangga

- Farid dan Afira. 2017. *Studi Sifat Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Nanosellulose Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Giancoli D.C., 1998. *Fisika*, Penerjemah Yuhilsa Hanum, Jakarta : Penerbit Erlangga, hlm 407-444.
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Harris C M. 1957. *Hand Book of Noise Control*. McGraw Hill Book Company nc.New York.
- Hersoesanto, Widjoko S, dan Rachmadi Purwana 1974. *Perlindungan Karyawan Perusahaan Terhadap Pengaruh Kebisingan*. Skripsi. Program Sarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Holtzapple, M.T. 2003. *Hemicelluloses*. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. pp. 3060-3071. Academic Press
- Hongchang, HAN. 2015. “Study of Agro-composite Hemp/Polypropylene: Treatment of Fibers, Morphological and Mechanical Characterization”. Mechanical Systems and Materials Universite de Technologie Troyes. Hal. 1705-1710.
- Howard, M David, dan Angus S A Jamie. 2009. *Acoustic and Psychoacoustic 4th Edition*. Oxford United Kongdom : Focal press is an imprint of Elsevier.
- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L., (2010), “Poly(aniline-co-*o*-toluidine)/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Composite: Preparation and Characterization”, *Materials Letters*, Vol.64, Hal.888–890.
- Jorge P. Arenas and Malcolm J. Crocker , 2010. *Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials* , University Austral of Chile, Valdivia, Chile and, Auburn University, Auburn, Alabama, Sound and Vibration.
- Kanagesan S., Hashim M., Jesurani S., Kalaivani T., Ismail I., (2013), “Influence of Zn–Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite”, Springer.

- Khalid, M, Ratnam, C.T., Chuah, T.G Salmiaton, A. and Thomas, S.Y.C, 2008, *Comparative study of polypropylene composites reinforced with oil palm empty fruit bunch fiber and oil palm derived cellulose Materials and Design*, 29, 173-178.
- Knott E.F., Shaeffer J.F., Tuley M.T., (2009), “*Radar Cross Section*” - Second Edition, *SciTech Publishing*, Hal.209–214, (Raleigh: North Carolina).
- Kono K., Kono B., (2012), “*A Creation of Green Energy Obtained from Parallel Pumping by Microwaves Irradiation to Magnetic Fluid*”, 2<sup>nd</sup> *Global Congress Microwave Energy Application*, (Long Beach: USA).
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers*. *AUTEX Research Journal*. Vol. 3, No.2.
- Lewis, H. dan Douglas, H., 1993, *Industrial Noise Control Fundamentals and Application*, Revisied, New York.
- Lojewska, J., P. Miskowicz, T. Lojewski, L.M. Proniewicz. 2005. “*Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach*”. *Polymer Degradation and Stability*, 88, Hal. 512-520.
- Lokantara Putu, Suardana, N P G, (2007), *Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy*, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* Vol. 1 No. 1, (15-21).
- Lutfi, Zulhelmi dan Moh. Farid. 2017. *Studi Sifat Mekanik dan Fisik Bahan Akustik Silicone Rubber Berpenguat Filler Cangkang Kelapa Sawit*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Mallick K P. 2007. *Fiber Reinforced Composite Materials, Manufacture, and Design*. Michigan : CRC Press Taylor and Francis Group.
- Mediastika, E Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Yogyakarta.



- Nagdi, Khairi. 1993. *Rubber as an Engineering Material : Guidline for Users*. Hanser Publ. : Munich
- Nandanwar Anand, M. C. Kiran. 2017. “*Influence of Density on Sound Absorption Coefficient of Fibre Board*”. Open Journal of Acoustic 7:1-9.
- Nasution E.L.Y dan Astuti, (2012), “*Sintesis Nanokomposit PAni/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro*”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol.1, No.1, Hal.37-44.
- Nuraini U., (2015), “*Pelapisan Multilayer dengan Menggunakan Polianilin dan Hematit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*”, Tesis Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- Odian, George. 2004. *Principles of Polymerization Fourth Edition*. Jhon Wiley & Sons, Inc. New Jersey
- Owens, Michael J. 2012. *Advance in Silicone Science 4 - Series Editor : J. Matisons “Silicone Surface Science”*. Springer
- Peter, S. T. 2002. *Composite Materials and Processes*. In: *Harper, C. A. Ed. Handbook of Plastics, Elastomers, & Composites*. 4th ed. N. Y.: McGraw-Hill Companies, Inc
- Priyono, Prasongko W.G., (2013), “*Pembuatan Material Magnetik Komposit BaFe<sub>9</sub>Mn<sub>0.75</sub>Co<sub>0.75</sub>Ti<sub>1.5</sub>O<sub>19</sub>/Elastomer untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Elektromagnetik*”, *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol.21, No.1, Hal.15-19
- Rinata A., (2011), “*Pengaruh Presentasi Berat Barium Heksaferrite (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) dan Ketebalan Lapisan Terhadap Reflection Loss pada Komposit Radar Absorbent Material (RAM)*”, Tesis Teknik Material dan Metalurgi FTI, ITS, Surabaya.
- Resnick R., dan Halliday D., 1992. *Basic Concept in Rel. And Early Quantum Mechanics*, Mac Milan Co. New York.
- Fisika, Penterjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga, hlm 656-693.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc

- Shanmugarajah, Bawaanii, dkk. 2015. *Isolation of NanoCrystalline Cellulose (NCC) from Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB): Preliminary Result on FTIR and DLS Analysis*. Kuala Lumpur: Chemical Engineering. Vol. 45 : 1705-1710
- Shinoj, S., Visvanathan, R., Panigrahi, S., & Kochubabu, M. (2011). *Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review*. *Industrial Crops and Products*, 33, 7–22.
- Shoshani, Y. Z. 2011. *Effect of Nonwoven Bacing on the Noise Absorption Capacity of Tufted Carpets*. *Textile Research Journal*, 60, 452-456
- Skolnik M.I., (1981), “Introduction to Radar Systems”: *Second Edition*, McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Sreekala, M.S., Kumaran, M.G., Joseph, R., Thomas, S. (2001), *Stress-relaxation behaviour in composite based on short oil palm fibers and phenol formaldehyde resin*. *Composite Science and Technology*; 61: 1175–1188
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya : ITS Press.
- Sulthoni, Yusuf dan Moh. Farid. 2016. *Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa Serat Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik pada Komposit Polyurethane/Coir Fiber*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sutrisno. 1987. *Fisika Dasar*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology Wood. Structur, Properties, Utilization*. Van Vostrand Reinhold Inc. USA.

- Usvanda, Lian Nunisa dan M. Zainuri. 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Radar Absorbing Material (RAM) Berbahan Dasar BaM/PANi pada Rentang Gelombang X-Band dengan Variasi Ketebalan*. Tugas Akhir Jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya.
- Utomo, Deni B dan Hosta Ardhyanta. 2015. *Studi Pengaruh Curing Catalyst (Katalis Curing) Benzoil Peroksida Terhadap Kekuatan Tarik Dan Stabilitas Termal Karet Silikon*. Surabaya. ITS press.
- Wilson M., (2006), "Scanning Tunneling Microscope Measures the Spin-Excitation Spectrum of Atomic-Scale Magnets", *Physics Today*, Vol.13.
- Wirajaya A. 2007. *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*. ITB BANDUNG
- Yamanaka T., (2010), "*Basics of Microwave*", Micro Denshi Co.,Ltd., Japan.

## LAMPIRAN

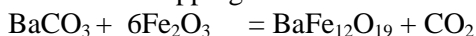
### PERHITUNGAN MASSA BARIUM HEKSAFERRIT

$$\text{Ar. Ba} = 137,34$$

$$\text{Ar. Fe} = 55,84$$

$$\text{Ar. O} = 15,98$$

a. BAM Non Dopping



$$\text{Mr. BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 1111,04 \text{ g/mol}$$

$$n. \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = \frac{12}{1111,04} = 0,0108 \text{ mol}$$

Massa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang diinginkan seberat 12gr

Kebutuhan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

$$n. \text{Fe}_2\text{O}_3 = 6 \times 0,0108 = 0,0648 \text{ mol}$$

$$\text{massa Fe}_2\text{O}_3 = 0,0648 \times \text{Mr. Fe}_2\text{O}_3$$

$$= 0,0648 \times 159,6882$$

$$= 10,347 \text{ gram}$$

Kebutuhan  $\text{BaCO}_3$ :

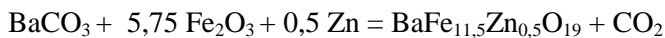
$$n. \text{BaCO}_3 = 0,0108 \text{ mol}$$

$$\text{massa BaCO}_3 = 0,0108 \times \text{Mr. BaCO}_3$$

$$= 0,0108 \times 197,3359$$

$$= 2,131 \text{ gram}$$

b. BAM Dopping



$$\text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 = (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882$$

$$= 9,916 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan BaCO}_3 = 2,131 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan Zn} = (0,5 \times 0,0108) \times 65,38$$

$$= 0,353 \text{ gram}$$

## LAMPIRAN

### PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN

A. Massa Spesimen Absorpsi Suara

Massa Total = 200 gram

- SiR + 10% BaM

Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-12)$ gram	= 28,92 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-12)$ gram	= 43,39 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-12)$ gram	= 115,69 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram

- SiR + 10% BaM + 4% Serat

Massa Serat	= $0,04 \times 200$ gram	= 8 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-28)$ gram	= 26,46 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-28)$ gram	= 39,69 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-28)$ gram	= 105,85 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram

- SiR + 10% BaM + 6% Serat

Massa Serat	= $0,06 \times 200$ gram	= 12 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-22)$ gram	= 27,38 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-22)$ gram	= 41,08 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-22)$ gram	= 109,54 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram

- SiR + 10% BaM + 8% Serat

Massa Serat	= $0,08 \times 200$ gram	= 16 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 200$ gram	= 20 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (200-26)$ gram	= 25,23 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (200-26)$ gram	= 37,85 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (200-26)$ gram	= 100,92 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 200$ gram	= 4 gram

B. Massa Spesimen Uji VNA

Massa Total = 8 gram

- SiR + 10% BaM

Massa BaM	= $0,1 \times 8$ gram	= 0,8 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (8-0,8)$ gram	= 1,11 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (8-0,8)$ gram	= 1,66 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (8-0,8)$ gram	= 4,43 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 8$ gram	= 0,16 gram

- SiR + 10% BaM + 4% Serat

Massa Serat	= $0,04 \times 8$ gram	= 0,32 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 8$ gram	= 0,8 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (8-1,12)$ gram	= 1,06 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (8-1,12)$ gram	= 1,59 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (8-1,12)$ gram	= 4,23 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 8$ gram	= 0,16 gram

- SiR + 10% BaM + 6% Serat

Massa Serat	= $0,06 \times 8$ gram	= 0,48 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 8$ gram	= 0,8 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (8-1,28)$ gram	= 1,03 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (8-1,28)$ gram	= 1,55 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (8-1,28)$ gram	= 4,14 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 8$ gram	= 0,16 gram

- SiR + 10% BaM + 8% Serat

Massa Serat	= $0,08 \times 8$ gram	= 0,64 gram
Massa BaM	= $0,1 \times 8$ gram	= 0,8 gram
Massa SR	= $(2/13) \times (8-1,44)$ gram	= 1,01 gram
Massa Heksana	= $(3/13) \times (8-1,44)$ gram	= 1,51 gram
Massa NaCl	= $(8/13) \times (8-1,44)$ gram	= 4,04 gram
Massa Bluesil	= $0,02 \times 8$ gram	= 0,16 gram


**LAMPIRAN**  
**PERHITUNGAN MASSA JENIS KOMPOSIT**

<b>Spesimen</b>	<b>0%</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>
<b>massa di udara (g)</b>	<b>0,2895</b>	0,4009	0,4433	0,538
	0,3094	0,4025	0,4451	0,5376
	0,2975	0,4012	0,4457	0,5384
<b>massa di air (g)</b>	2,5485	2,6545	2,6951	2,789
	2,5684	2,6561	2,6969	2,7886
	2,5565	2,6548	2,6975	2,7894
<b>massa sinker (g)</b>	2,2522	2,2522	2,2522	2,2522
<b>specific gravity</b>	0,9770502 87	0,9965200 1	1,0009031 38	1,0022354 69
	0,978495	0,996534	1,000899	1,002237
	0,977654	0,996523	1,000898	1,002234
<b>Densitas (g/cm<sub>3</sub>)</b>	0,974608	0,994029	0,998401	0,99973
	0,976048	0,994042	0,998397	0,999732
	0,975209	0,994031	0,998396	0,999728
<b>densitas rata-rata (g/cm<sub>3</sub>)</b>	9752885	0,9940341 56	0,9983980 47	0,9997298 82

## LAMPIRAN

### HASIL PENGUJIAN ABSORBSI SUARA

#### A. SiR+10%BaM



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukulilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 174/PRO/VIBRASTIC/V/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen ungu dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

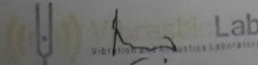
**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1879
250	0.1513
500	0.2955
1000	0.3711
2000	0.3976
4000	0.5638

Kesimpulan


Pengujian alfa material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alfa seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alfa tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1963030197011001



## B. SiR + 10% BaM +4% Serat



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923826 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 169/PRO/VIBRASTIC/V/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 10% bam 4%st dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 25 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**


Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.2102
250	0.3217
500	0.3737
1000	0.2917
2000	0.3821
4000	0.4444

**Kesimpulan**

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.


Mengetahui,

Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**  
NIP. 1960022918701 1 001

### C. SiR + 10% BaM +6% Serat



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FIS**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 mei 2017

No : 170/PRO/VIBRASTIC/V/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 10% 6% st dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**


Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.2075
250	0.3078
500	0.3535
1000	0.3829
2000	0.3820
4000	0.3692

**Kesimpulan**

Pengujian aplha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderu semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan meneruskan bunyi.

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Vibrasi dan Ak



## D. SiR + 10% BaM +8% Serat

email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 30 Mei 2017

: 171/PRO/VIBRASTIC/V/2017

: Hasil Pengukuran Alpha Material

**SURAT KETERANGAN**

ri pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 10% Bam  
t mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26  
7 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm,  
an hasil pengukuran sebagai berikut:


**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.2082
250	0.3162
500	0.4267
1000	0.3440
2000	0.4184
4000	0.3936

lan

n aplha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabe  
engan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderunga  
tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan ata  
an bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akust

 **Vibrastilab**  
Vibration and Acoustics Laboratory

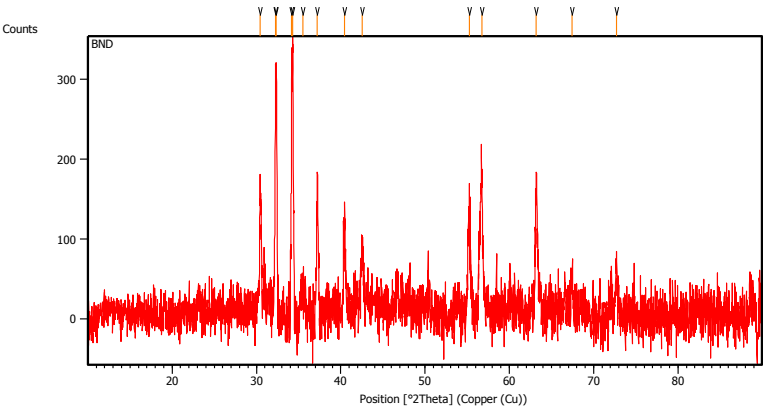
**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**  
**NIP. 1960022918701 1 001**

LAMPIRAN  
HASIL XRD

Tabel Hasil Perhitungan Ukuran Kristal BaM

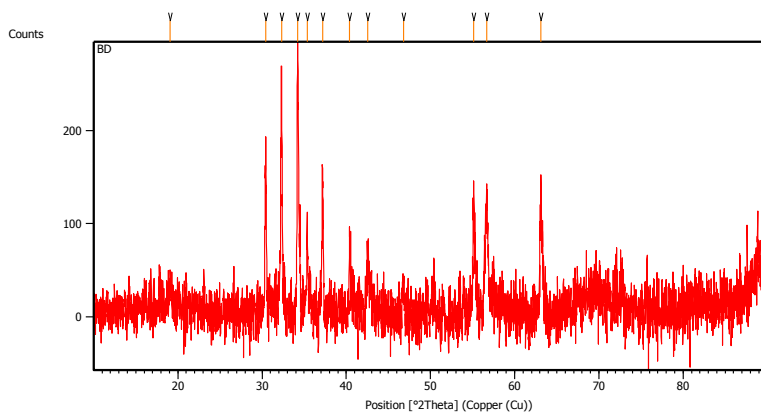
Material	Height (cts)	Position [2θ]	FWHM Left [2θ]	d (nm)
BAM tanpa doping (BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub> )	161.49	34.1620	0.0836	97,16
BaM doping Zn (BaZn <sub>x</sub> Fe <sub>12-x</sub> O <sub>19</sub> )	81.82	34.1546	0.1171	69,363

Barium Non Dopping



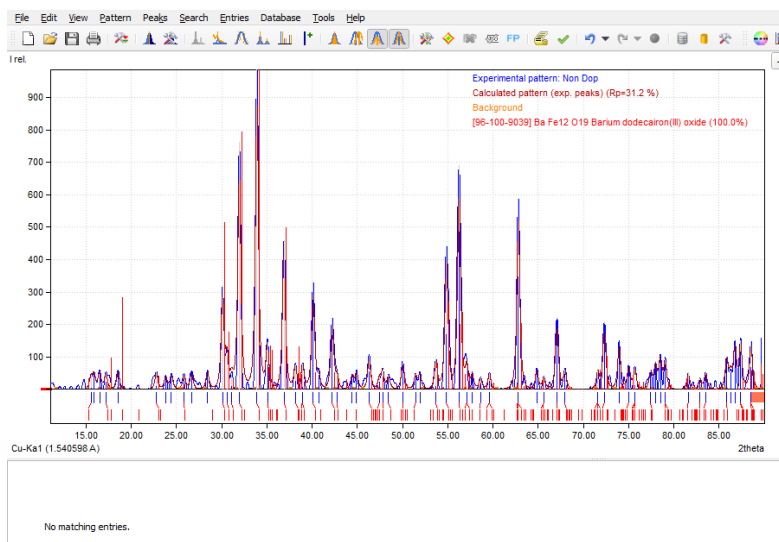
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.3708	57.03	0.1673	2.94314	35.31
32.2492	118.25	0.2007	2.77588	73.23
34.1620	161.49	0.0836	2.62471	100.00
35.4023	18.29	0.4015	2.53554	11.33
37.1051	54.54	0.1673	2.42300	33.78
40.3083	39.28	0.2007	2.23117	24.33
42.5742	28.16	0.4015	2.12355	17.44
55.0578	37.26	0.3346	1.66520	23.07
56.6349	67.71	0.4015	1.62523	41.93
63.1329	65.60	0.3346	1.47270	40.62
67.5182	22.05	0.4015	1.38732	13.66
72.6878	21.41	0.8029	1.30087	13.26

## Barium Heksaferite Dopping Zn



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
30.4066	71.75	0.1338	2.93977	87.68
32.2906	78.10	0.1673	2.77576	95.45
34.1546	81.82	0.1171	2.62526	100.00
35.3473	21.41	0.4015	2.53936	26.16
37.1601	39.77	0.4015	2.41954	48.60
40.2672	34.01	0.2007	2.23441	41.56
42.5162	32.71	0.2007	2.12631	39.97
55.0359	30.92	0.2676	1.66581	37.69
56.6832	59.46	0.2007	1.62396	72.66
63.1173	77.77	0.1004	1.47302	37.65

## JCPDS 96-100-9034



Find phases/entries

Composition Structure Properties Peaks/Ranges References Subfiles

1a 2a 3b 4b 5b 6b 7b 8b 1b 2b 3a 4a 5a 6a 7a 8a

P1 H He

P2 Li Be B C N O F Ne

P3 Na Mg Al Si P S Cl Ar

P4 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr

P5 Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe

P6 Cs Ba La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn

P7 Fr Ra Ac

L Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

A Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

Element selection by mouse

☒ All ☐ None ☐ Any ☐ Optional

☐ Toggle ☐ Reset

Name:

Elem. count:

Formula sum:

☐ Inorganics only (no C-H-bonds)

Preset:

Color	Entry	Formula	Matched phase	Quant.(%)
Red	96-100-9039	Ba Fe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>	Barium dodecairon(III) oxide	100.0

Entry # 96-100-9039

Phase classification

Name	Barium dodecairon(III) oxide
Formula	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>
I/Ic	5.010000
Sample Name	1009038
Quality	C (calculated)

References

Publication

**Bibliography** Bertaut F, Deschamps A, Pauthenet R, "Etude de la substitution de Fe par Al, Ga et Cr dans l'hexaferrite debaryum, Ba O, (Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub>)<sup>6</sup>", Com Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences(1884 - 1965) **246**, 2594-2597 (1958)

Origin of data

**Source of entry** [COD \(Crystallography Open Database\)](#)

**Link to orig. entry** [1009038](#)

Crystal structure

Crystallographic data

**Space group** P 63/m m c (194)

**Crystal system** hexagonal

**Cell parameters** a= 5.88900 Å c= 23.18199 Å

**Z** 2

Atom coordinates	Element	Oxid.	x	y	z	Bi	Focc
	Ba	2.0	0.667	0.333	0.250	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.000	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.000	0.000	0.257	1.000000	0.500000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.027	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.333	0.667	0.190	1.000000	1.000000
	Fe	3.0	0.169	0.338	-0.108	1.000000	1.000000
	O	-2.0	-1.000	-1.000	-1.000	1.000000	3.169900

Diffraction data

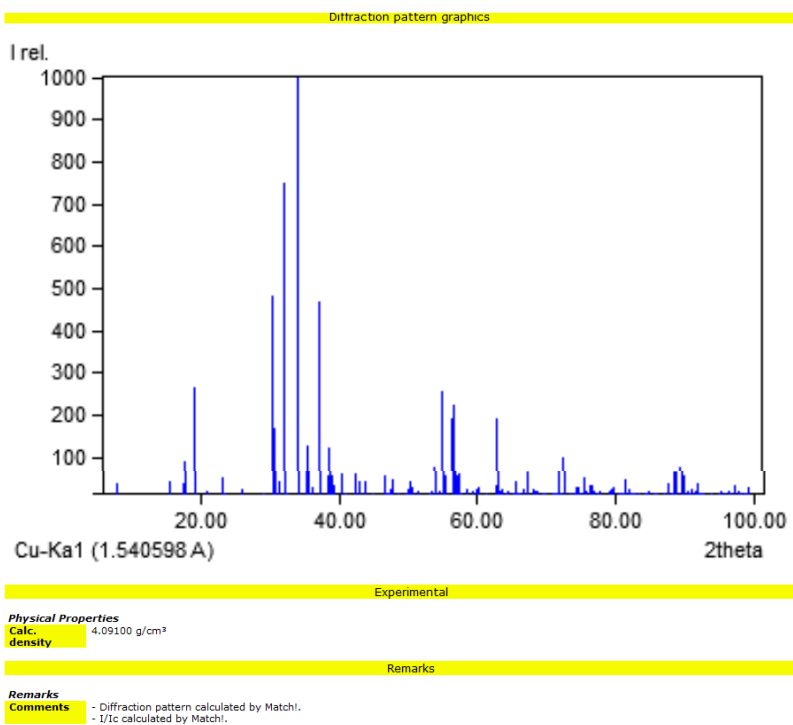
Diffraction lines (calc. for wavelength = 1.540598 Å)

2θ [°]	Int.	h	k	l	Mult.
7.62	23.5	0	0	2	2
15.28	32.1	0	0	4	2
17.37	25.0	1	0	0	6
17.79	90.1	1	0	1	12
19.00	265.9	0	1	2	12
20.85	7.6	0	1	3	12
23.00	40.0	0	0	6	2
23.21	1.4	0	1	4	12
25.95	13.7	0	1	5	12
28.97	2.9	0	1	6	12
30.33	482.8	1	1	0	6
30.83	167.4	0	0	8	2
31.32	28.6	1	1	2	12
32.20	746.8	0	1	7	12
32.52	0.0	1	1	3	12
34.13	1000.0	1	1	4	12
35.16	63.9	2	0	0	6
35.38	127.1	2	0	1	12
35.61	113.6	0	1	8	12
36.03	15.3	2	0	2	12
36.11	0.0	1	1	5	12
37.10	469.0	0	2	3	12
38.41	45.5	1	1	6	12
38.54	123.0	0	2	4	12

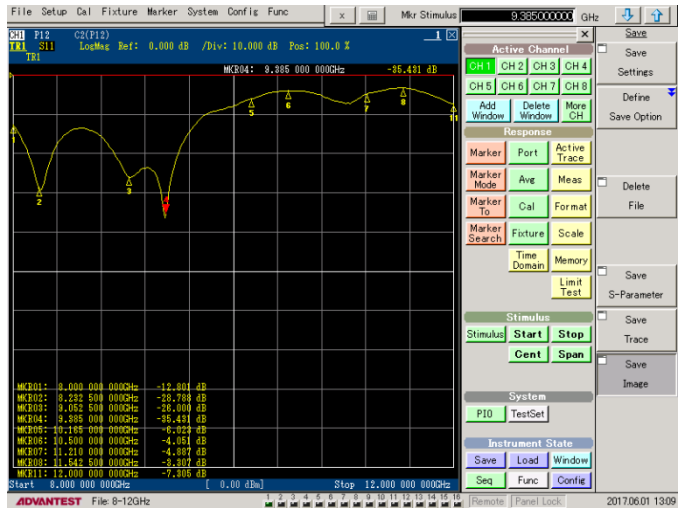




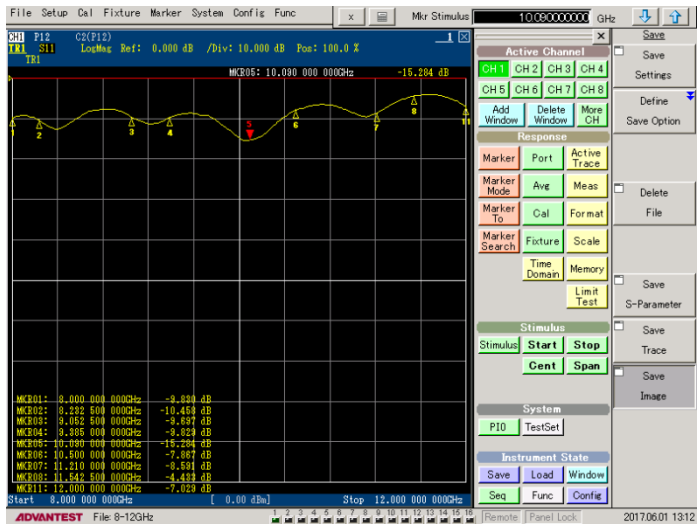
72.67	27.6	1	1	16	12
73.47	0.0	0	0	18	2
74.12	0.0	2	2	9	12
74.25	16.9	0	3	12	12
74.34	5.6	4	0	0	6
74.47	8.4	4	0	1	12
74.60	14.0	1	3	8	24
74.86	1.0	4	0	2	12
75.39	2.2	0	2	16	12
75.52	40.5	4	0	3	12
75.65	7.9	1	2	14	24
76.18	20.3	0	1	18	12
76.43	9.2	4	0	4	12
76.60	20.1	2	2	10	12
76.82	5.0	1	3	9	24
77.52	0.0	0	3	13	12
77.60	5.5	0	4	5	12
79.02	4.9	0	4	6	12
79.28	6.5	1	3	10	24
79.32	0.0	2	2	11	12
79.41	11.5	1	2	15	24
79.67	14.0	0	2	17	12
80.69	0.0	0	4	7	12
80.96	0.1	0	1	19	12
80.99	3.1	0	3	14	12
81.51	33.6	1	1	18	12
81.97	12.4	1	3	11	24
82.27	2.7	2	2	12	12
82.35	0.0	3	2	0	12
82.48	2.8	2	3	1	24
82.61	0.0	0	4	8	12
82.66	4.2	2	3	2	24
83.30	4.6	0	0	20	2
83.38	1.1	1	2	16	24
83.50	0.3	2	3	3	24
84.14	1.0	0	2	18	12
84.39	0.0	2	3	4	24
84.69	0.0	0	3	15	12
84.77	5.3	0	4	9	12
84.90	3.2	1	3	12	24
85.53	1.0	2	3	5	24
85.92	2.7	0	1	20	12
86.93	0.2	2	3	6	24
87.18	0.9	0	4	10	12
87.57	1.9	1	2	17	24
87.60	27.3	4	1	0	12
87.73	0.1	1	4	1	24
88.07	2.3	1	3	13	24
88.11	3.6	1	4	2	24
88.57	94.1	2	3	7	24
88.62	14.6	0	3	16	12
88.74	0.1	1	4	3	24
88.84	3.5	0	2	19	12
88.87	52.2	2	2	14	12
89.63	74.2	1	4	4	24
89.84	44.9	0	4	11	12
90.47	5.0	2	3	8	24
90.76	0.0	1	4	5	24
91.12	10.9	0	1	21	12
91.16	2.8	1	1	20	12
91.49	5.8	1	3	14	24
92.00	25.1	1	2	18	24
92.16	2.5	1	4	6	24
92.54	0.0	2	2	15	12
92.62	3.0	2	3	9	24
92.75	3.3	0	4	12	12
92.80	0.0	0	3	17	12
93.77	0.0	0	2	20	12
93.80	0.1	1	4	7	24
93.94	3.1	0	0	22	2
95.03	3.0	2	3	10	24
95.16	7.7	1	3	15	24
95.71	4.4	1	4	8	24
95.92	2.4	0	4	13	12
96.36	0.0	1	1	21	12
96.48	7.5	2	2	16	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.57	1.9	0	1	22	12
96.69	0.2	1	2	19	24
97.24	21.3	0	3	18	12
97.71	7.2	2	3	11	24
97.87	0.0	1	4	9	24
98.08	0.1	5	0	0	6
98.21	0.6	5	0	1	12
98.60	1.6	5	0	2	12
98.99	1.7	0	2	21	12
99.12	0.7	1	3	16	24



## LAMPIRAN HASIL UJI VNA



Komposit SiR+10% BaM



Komposit SiR+10% BaM+4% Serat TKKS



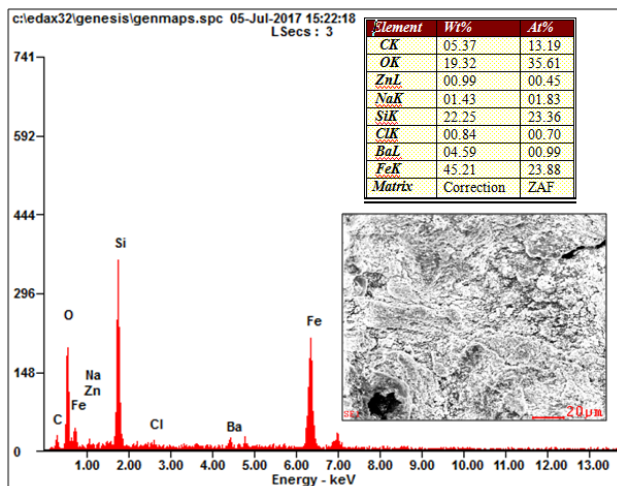
Komposit SiR+10% BaM+8% Serat TKKS



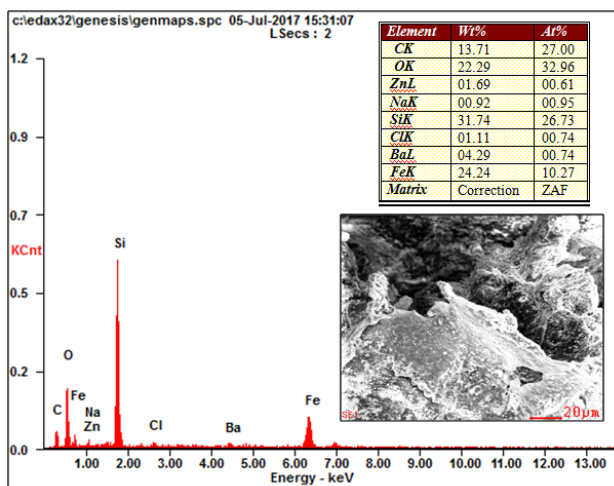
Komposit SiR+10% BaM+8% Serat TKKS

## LAMPIRAN

### HASIL UJI EDX MORFOLOGI TITIK TITIK PUTIH



Daerah Banyak Titik-titik Putih



Daerah Sedikit Titik-titik Putih

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin berterima kasih juga kepada :

1. Allah SWT atas karunia, rahmat, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga, terutama Ibu Nur Aini Hasanah yang telah mendukung secara moril maupun materil serta doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan ,keselamatan dan kelancaran anaknya dalam menempuh studi.
3. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing dan Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen co-pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali yang selalu mengayomi dari awal perkuliahan
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
6. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Pak Moko, Pak Tus, Mas Ari, Pak Antok, Pak Tari, Cak Bas, Mas Asman, Mas Dayat, Mas Ridho', Mbak Is, Pak Dhe, Pak Nasir dan Mbak Tik yang telah membantu selama masa ETS maupun EAS.
8. Keluarga MT 15 dan Material 2013, mas mbak MT 13 MT 14 dan adik – adik MT 16 dan MT 17 yang mewarnai kehidupan kampus.
9. Sahabat-sahabat terbaik saya keluarga Monster Majdi, Doddy, Zulfa, Bathara, Aji, Farid, Mail, Epi, Ryan, Ipad, Kholid, Bogel, Ijal, , Asis, Bontang, Ici, Lutfi, Ihsan, Wasik yang selalu memberikan canda dan tawa baik suka maupun duka.



10. Teman-teman Lab. Metalurgi Manufaktur yang telah membantu tugas akhir saya selama 1 semester khususnya kepada Sita, Dhani, Axel, Sam, Henri, Mas Pon.
11. Teman-teman Lab. Metalurgi Manufaktur, dan Pengolahan Material atas jasa percetakan gratis.
12. Teman-teman Lab. Inovasi Material dan Fisika Material.
13. Dulur-dulur Khaqqul dan Faris Sekeluarga yang telah memberikan banyak dukungan dan doa.
14. Mas Baul, Mas Zul, Mas Agung, dan lainnya yang selalu mendukung saya.
15. Teman-teman LBB Rock dan Firman Shinto yang telah memberi banyak pelajaran.
16. HMMT yang banyak memberikan saya pengalaman berorganisasi selama di Departemen Teknik Material.
17. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi dalam Tugas Akhir ini.

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik, 26 Desember 1995, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MINU Al - Falah Sembayat, kemudian SMP Negeri 1 Bungah dan SMA Negeri 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya melalui jalur SNMPTN di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013 terdaftar dengan NRP 2713100070. Di Teknik Material dan Metalurgi penulis memilih bidang Material Inovatif. Penulis sejak kuliah aktif mengikuti organisasi di BSO Kewirausahaan HMMT FTI-ITS sebagai Staff pada kepengurusan tahun 2014/2015 dan menjadi Kepala Divisi Usaha Mandiri BSO Kewirausahaan HMMT FTI ITS pada kepengurusan 2015/2016 serta menjadi Inspectur Committee Kaderisasi HMMT FTI ITS pada tahun 2014/2015 dan 2015/2016. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan seperti LKMM Pra TD FTI ITS, PJTD HMMT FTI ITS, PKTI HMMT FTI ITS, dan PMO HMMT FTI ITS. Penulis dapat dihubungi di 083856306984 atau email ke [adityapradana070@gmail.com](mailto:adityapradana070@gmail.com).

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*